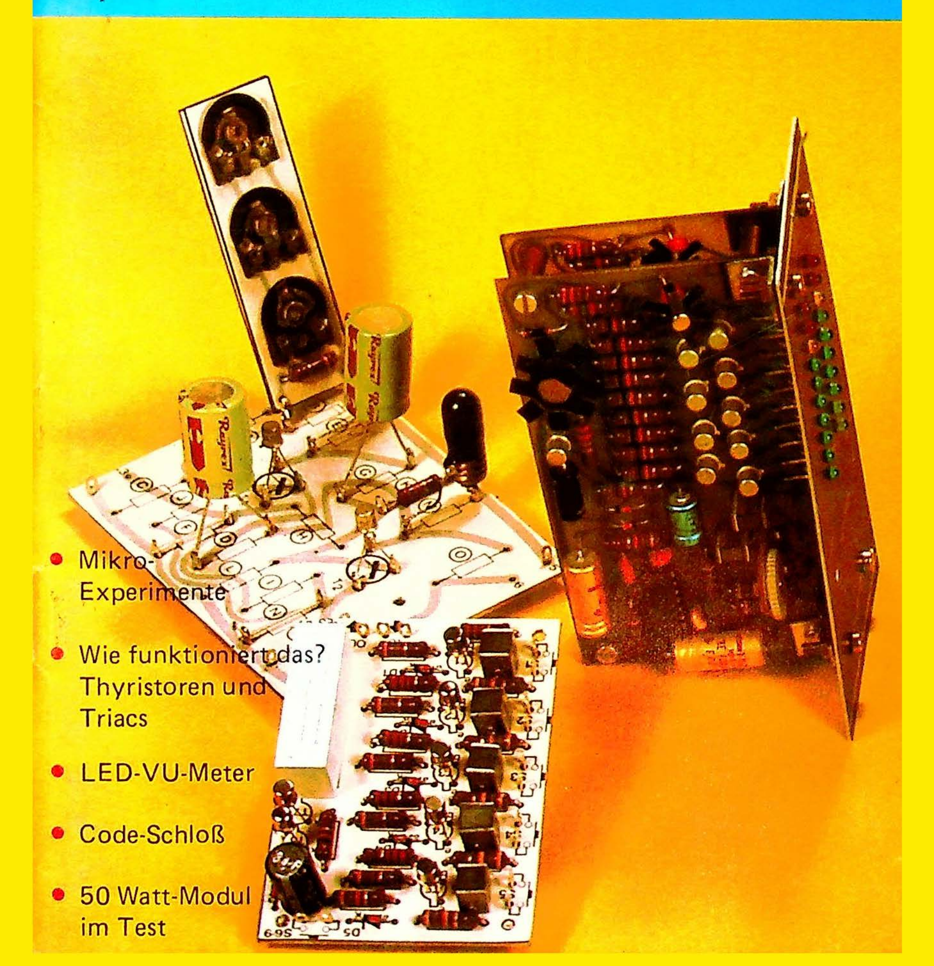
Populäre Elektronik

4

März/April 1977

DM 3,–
ös 25,–/sfr 3,50/lfr 50,–



- Mikro-Experimente
- Wie funktioniert das? Thyristoren und Triacs
- LED-VU-Meter
- Code-Schloß
- 50 Watt-Modul im Test

SECUTRONIC Udo Voit Ing. grad.
Elektronik-Versand: Postfach 694 5300 Bonn Bad Godesberg

Bausätze nach P.E.

Aus PE-Heft 1:

FBI-Sirene
sämtliche Bauteile einschl. Lautsprecher 1W/8 Ohm sowie Befestigungsmaterial, ohne Gehäuse nur ... DM 13,90
PE-Platine ... DM 4,35
Kompl. Bausatz ... DM 18,25

Elektro-Toto-Würfel
sämtliche Bauelemente einschl. IC-Fassungen, ohne Gehäuse nur ... DM 15,80
Teko P/2 Gehäuse ... DM 3,95
Frontplatte dazu bedr. + gebohrt DM 11,90
PE-Platine ... DM 6,60
kompletter Bausatz ... DM 38,25

PE-Transitest
Bauteilsatz mit IC-Fassung und 4,5V Batterie, ohne Gehäuse nur ... DM 12,80
Teko P/2 Gehäuse ... DM 3,95
bedr. und gebohrte Frontplatte ... DM 11,90
PE-Platine ... DM 6,75
kompl. Bausatz ... DM 35,40

Aus PE-Heft 2:

Carbophon
sämtliche Bauteile einschl. Lautsprecher + Schieberegler, o. Gehäuse ... DM 24,90
PE-Platine ... DM 6,30
passendes Gehäuse ... DM 5,80
kompl. Bausatz ... DM 37,00

Spannungsquelle
alle Bauteile einschl. Trafo, Stufenschalter + Kühlkörper ohne Gehäuse ... DM 40,90
Teko P/3 Gehäuse ... DM 5,50
Frontplatte dazu (bedr. und gebohrt) DM 15,90
PE-Platine ... DM 11,60
kompl. Bausatz ... DM 73,90

PE-Testy
sämtliche Bauelemente lt. Stückliste in PE Heft 2 zusammen o. Gehäuse nur DM 2,95
Gehäuse Teko P/2 ... DM 3,95
dazu passende Frontplatte mit Druck und Bohrungen ... DM 11,90
kompl. Bausatz ... DM 18,80

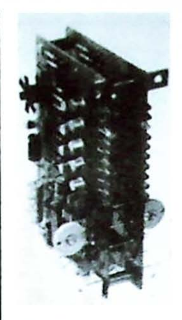
Aus PE-Heft 3:

Die totale Uhr
Bauteilsortiment lt. Stückliste in PE 3 DM 87,50
PE-Platine DK a/b ... DM 19,60
Gehäuse Teko Typ 333 ... DM 9,30
Frontplatte gebohrt und bedr. ... DM 15,90
Kompletter Bausatz ... DM 132,30

Die Kassette im Auto
Bauteilsortiment ... DM 3,90
PE-Platine KS a ... DM 3,25
Gehäuse Teko P/1 ... DM 2,75
Kompletter Bausatz ... DM 9,90



50-Watt-Verstärker
Bauteilsortiment incl. Netzteil lt. Stückliste in PE 3 DM 109,00
PE-Platine PA a DM 10,95
Frontplatte für 19" Gehäuse
FP PA a ... DM 11,15
(Schwarze Schrift auf eloxiertem Aluminium)
FN PA a ... DM 11,15
Moderner Stil: schwarze Fläche mit Silberschrift



LED-VU-Meter
Bauteilsortiment lt. Stückliste in PE 4 ... DM 23,50
PE-Platine ... DM 9,35
Frontplatte für 19" Gehäuse
FP VU a ... DM 11,65
(Schwarze Schrift auf eloxiertem Aluminium)
FN VU a ... DM 11,65
Moderner Stil: schwarze Fläche mit Silberschrift



Code-Schloß
Bauteilsortiment lt. Stückliste in PE 4 ... DM 21,60
PE-Platine ES a ... DM 7,15
Frontplatte gebohrt und bedruckt ... DM 14,20
Kompl. Bausatz DM 42,95
Einführungspr. DM 41,00

PE-Mikro-Service
Mikro-Hauptplatine MI a DM 8,50
Mikro-Trimmerplatine MI b ... DM 4,95
Bauteilsortiment Mikro 1 Blinker incl. Platine) DM 13,50
Bauteilsortiment 3 Trimmer, Widerst., incl. Platine MI b 1/2 ... DM 5,95
Bauteilsortiment Mikro 2 (Signalhorn) incl. Platine DM 13,80

WEITERE PREISWERTE BAUSÄTZE

Komplette Bausätze mit Platine und Bauteilen - ohne Gehäuse

Gas-Sensor ... DM 39,80
spricht an, sobald die Gaskonzentration in der Luft einen bestimmten Wert überschreitet. Spricht an auf Stadtgas, Erdgas, Campinggas, Kohlenmonoxyd, Butanon, Methan usw. Nützlich im Haus und beim Camping.

Gurtalarm ... DM 10,85
bekannt aus der Fernsehreihe "Hobbythek" erinnert auch Vergessliche an das Anlegen des Sicherheitsgurt.

Elektronische Überraschungsglocke DM 37,40
als Türglocke eingesetzt, bildet sie stets neue Melodien aus acht Tönen. Einschl. Netzteilschaltung und Drucktaster. Als Trafo benützt man den vorhandenen Klingeltrafo.

Strobolight ... DM 26,50
Netzbetriebene, in weitem Bereich einstellbare Blitzfolgeschaltung. Einschl. Potentiometer, Blitzlampe, Netzsicherung.

Elektronischer Würfel ... DM 19,50
Mit nur einer IC aufgebauter Würfel. Bausatz komplett mit allen benötigten Einzelteilen.

Klatsch-Schalter ... DM 29,95
Durch Händeklatschen können Sie einen Verbraucher (mit dem beiliegenden Relais bis 500mA) schalten.

Netzteil plus Mikrofonverstärker . DM 15,95
für den Klatsch-Schalter.

Elektronischer Kanarienvogel ... DM 16,90
dieser Kanarienvogel singt auf Wunsch. Er beherrscht die ganze Tonleiter. Auch zur Inspiration für Ihren Vogel! Bausatz mit Batterie und Lautsprecher.

4-Kanal-Lichtorgel ... DM 49,85
Dieser Bausatz enthält alle Bauelemente einschl. Netzteil mit Trafo, Potis, Triacs und Platine. 3A pro Kanal.

Metallsuchgerät ... DM 14,35

Wir führen sämtliche ELO-Platinen sowie alle neueren Elektor-Prints lagermäßig. Ausführliche Listen darüber gegen DM 1,– in Briefmarken oder auf Postscheckkonto Köln 51946-504 mit Vermerk "Großes Platinenangebot".

Bei allen Bausätzen verwenden wir ausschließlich die Qualitätsbauelemente aus unserem großen Programm führender Hersteller 1. Wahl.
Aktuelle Katalog incl. obengenannter Unterlagen über unser großes Platinen-Angebot erhalten Sie gegen Einsenden von DM 2,– in Briefmarken oder Einzahlung von DM 2,– auf unser Postscheckkonto Köln 51946-504 mit dem Vermerk "Aktueller Katalog".
Versand erfolgt per Nachnahme. Vorkasse über unser PSK ist möglich bei Berücksichtigung von DM 2,– für Porto und Verpakkung. Gleiches bei Vorkasse per Verrechnungsscheck.



Populäre Elektronik



2. Jahrgang Nr. 2, März/April 1977 – Populäre Elektronik erscheint zweimonatlich

Verlags- und Anzeigenleiter:
H. Krott

Redaktion:
J. Palmen
J. Kattekamp
W. Leiner
J. Pas
J. Verstraten

Redaktionsanschrift:
Postfach 1366, 5063 Overath

Verlag und Anzeigenverwaltung:
Postfach 1366, 5063 Overath,
Tel.: (02206) 4242



Printed in Germany by
Imprimé en Allemange par
J. Müller GmbH
5060 Bergisch Gladbach 2
Tel.: (02202) 8770

Vertrieb: IPV Inland Presse Vertrieb GmbH
Wendenstraße 27-29
2000 Hamburg 1
Tel.: (040) 24861
Telex: 2162 401

Geschäftszeiten:
Montag-Freitag 9.00-12.00 und 12.30-17.00 Uhr.

Bezugspreise:
Einzelheft DM 3,–
Kalenderjahresabonnement 1977: BRD DM 15,–, Ausland DM 19,–
Abonnement ab Heft 5:
BRD DM 10,–, Ausland DM 13,–
Kündigung des Jahresabonnements zum Jahresende ist jederzeit möglich.

Konten:
Deutsche Bank AG, Bensberg Nr. 655-3317
Kreissparkasse Overath-Heiligenhaus, Nr. 390/001227
Postscheckkonto Köln 29 57 90 - 507

Abonnementverwaltungen und Belieferung des Elektronik-Fachhandels im Ausland:

Österreich:
Messner Ges.mbH,
Liebhartsgasse 1,
1160 Wien,
Tel.: 0222/925488, 951265

Schweiz:
SMS,
Köllikerstraße 121,
5014 Gretzenbach,
Tel.: 064/414155

Inhalt

Im nächsten Heft

Minimix

Tremolo/Leslie in Modultechnik

Mikro-3: Sirene

Außerdem geplant: Wie funktioniert das? Spezielle Dioden.

Zum Erscheinungstermin dieser Ausgabe

Wenn Sie, wie z.Zt. noch die meisten P.E.-Leser, Ihr Heft an einem Kiosk, in einem Zeitschriftengeschäft oder bei einer Bahnhofsbuchhandlung kaufen, dann haben Sie wahrscheinlich die Verspätung der vorliegenden Ausgabe bemerkt. Vielleicht hatten Sie schon gar nicht mehr mit der Nr.4 gerechnet und vermutet, daß P.E. nach hoffnungsvollem Start sanft entschlafen sei.
Allerdings steht die bei der Nr.4 eingetretene Verzögerung durchaus noch mit Geburtsumständen in Zusammenhang, und zwar mit recht erfreulichen. P.E. war vom Start weg kräftiger und entwickelte sich schneller als erwartet. Der damit verbundene, zunächst nicht einkalkulierte zusätzliche Arbeitsaufwand in Redaktion und Vertrieb konnte nicht, wie das in einem größeren Verlag möglich ist, durch Setzen neuer Prioritäten kurzfristig aufgefangen werden.
Eine rasche personelle Erweiterung war notwendig; sie ist inzwischen erfolgt.
Die nächsten Ausgaben dürften daher pünktlich herauskommen. Geplant ist eine schrittweise Vorverlegung des Termins, so daß P.E. demnächst regelmäßig in der ersten Woche des Monats erscheint.

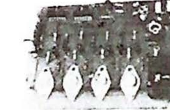
3-Kanallichtorgel 3 x 1000 Watt mit NF-Automatic, Triacsteuerung, aktiven RC-Filtern (2 Transistoren je Kanal), Netzteil, NF-Vorverstärker, Sicherung, Eingangsempfindlichkeit 0,1 W!!



Bausatz LOB 3/1000 AV **DM 42,50**
Baustein **DM 54,—**
Passendes Gehäuse Plastik mit beschr. Frontpl. **DM 9,50**

LOB 5/1000AV. Daten wie oben, jedoch 5 Kanäle.
Bausatz LOB 5/1000AV **DM 56,90** · Baustein **DM 68,—**
Passendes Gehäuse mit beschrifteter Front . . . . **DM 9,50**

Digit Lichtorgel 3- und 4-Kanalausführung Triacsteuerung, Ansteuerung durch IC, dadurch eine 100%-ige Aussteuerautomatik, automatisches Pausenlicht eingebaut, mit Netzteil.



Bausatz Digit 3-Kanal **DM 59,—**
Fertigbaustein **DM 74,—**
Bausatz Digit 4-Kanal **DM 72,—**
Fertigbaustein **DM 88,—**

Lauflichtsteuergerät
4-Kanal, 4 x 500 Watt

Vier Kanäle werden nacheinander durchgesteuert, Frequenz 1-10 Hz regelbar.
Bausatz LFL **DM 42,—**; Baustein . . . . **DM 52,—**
Passendes Gehäuse mit beschr. Frontplatte . . . . . **DM 9,50**
Farbstrahler 100 Watt, rot, gelb, grün, blau . . . . . **DM 14,95**
Lampenfassung, schwenkbar, ALU-poliert . . . . . **DM 13,80**

3-Kanallichtorgel LOB 14 3 x 1000 Watt, frequenzselektiv, durch einen speziellen NF-Übertrager besitzt diese Lichtorgel eine sehr große Empfindlichkeit, 4 Regler, Sicherung, Knöpfe usw.
Bausatz LOB 14 mit Gehäuse und Frontplatte **DM 29,95**
Bausatz LOB 14 ohne Gehäuse . . . . **DM 22,95**

LOB 14 betriebsbereit im Gehäuse . . . . **DM 34,95**

LO 77 (LOB 14) mit 3 Schukosteckdosen (Einbau), Netzkabel, NF-Buchse, Füße, Gehäuse usw.
Bausatz LO 77 (obige Abb.) . . . . **DM 39,95**
Fertiggerät LO 77 . . . . **DM 59,—**
Entstörsatz für sämtliche Lichtorgel geeignet . . . **DM 3,95**

HIFI VERSTÄRKER 4 – 100 WATT

4 Watt IC-Verstärker, 6-12V, 40Hz-14kHz, 1% Kl.
Bausatz TV 4 **DM 13,50** Baustein TV 4 **DM 17,50**

10 Watt IC-Verstärker, 12-24V, 40Hz-15kHz, 0,8% Kl. U eing. 50mV!!
Bausatz TV 10 **DM 17,95** Baustein TV 10 **DM 24,50**

20 W Edwin mit Klangregelteil, 20W sin., 20Hz-20kHz, 0,5% Klirrfaktor, Höhen- Tiefenregelung ± 18dB
Bausatz 20W Edwin mit Potis Mono . . . . **DM 29,75**
Bausatz 20W Edwin mit Potis Stereo . . . . **DM 59,50**
Fertigbaustein 20W Edwin mit Potis . . . . **DM 39,95**
Netzteil Mono und Stereo . . . . **DM 22,50**
Stereoentzerrer für 20W Edwin . . . . **DM 14,90**

30 Watt HiFi-Endstufe TE 30
HiFi 30 Watt Sinus Endstufe 20Hz-20kHz, 0,8%, 1V/50K, Betriebssp. 30-40V, 7 Halbleiter, NTC usw.
Bausatz TE 30 **DM 29,85** 2 Stück **DM 55,—**
Mononetzteil **DM 22,50** Stereonetzteil **DM 28,50**

40W Edwin-Endstufe 1000fach bewährt, kurzschlußfest, keine Ruhestromeinstellung, 25Hz-1,2MHz, 0,1% Klirrfaktor, 1V/50KΩ, Betriebsspannung 42V.
Bausatz 40W Edwin **DM 39,50** 2 Stück **DM 77,—**
Mononetzteil . . . . **DM 34,50** Stereonetzteil **DM 45,50**

100 Watt EQUA Verstärker, 20Hz-60kHz, Klirrfaktor kleiner 0,07%!, Dauerkurzschlußsicher, Betriebsspannung 60-80V, 14 Halbleiter, Hochleistungskühlkörper, U eing. 0,5V.
100 Watt Endstufe EQUA 100 Bausatz . . . . **DM 55,—**
Fertigbaustein EQUA 100 geprüft . . . . **DM 88,—**
Mononetzteil **DM 52,—** Stereonetzteil **DM 74,—**

Hochwertiger Stereo-Vorverstärker 100
Stereo-Vorverstärker für sämtliche Endstufen geeignet. 4 umschaltbare Eingänge für Tonband, Tuner, magn. Plattenspieler, frei. Lautstärke-Höhen-Tiefen-Balanceregler und Drucktasten auf der Platine. Höhen- Tiefenregelung ± 20dB, 15-70kHz, 25-60V.



Bausatz Vorverstärker 100 mit Potis und Tasten **DM 59,50**

Klangfilterplatine KBK
4 Tasten für Rausch-Rumpel-Sprache, Basisbreite, Poti für Basisbreite, mit Kopfhörerausgang, 14 Halbleiter.

Bausatz KBK **DM 33,95**

NETZGERÄT 1341, IC geregelt, 5-25V einstellbar, max. 3A, Restbrumm kleiner 100 µV, Strombegrenzung
Bausatz 1341 2A **32,50**
Bausatz 1341 4A **36,60**
Netztrafo **13,95**
Netztrafo **24,50**

BAUSÄTZE P.E.-SCHALTUNGEN

Bausatz **TRANSITEST** . . . . **DM 14,95**
Bausatz **ELEKTRO–TOTO–WÜRFEL** . . **DM 22,95**
Bausatz **F.B.I.–SIRENE** . . . . **DM 11,75**
Lautsprecher dazu . . . . **DM 4,95**

TRIAC-BLINKLICHT (Lichtpulser) Stroboskop für normale 220V Glühlampen, bis 500 Watt belastbar.
Bausatz Lichtpulser . . . . **DM 14,50**

Elektronische Sirene 6-15V, auf- und abschwellender Ton für Alarmanlage, Modellbau usw. Bs . . . . **DM 12,—**

Lichtblitzstroboskop, Frequenz 1-10 Hz regelbar, 220 V, Hochleistungsblitzröhre
Bausatz 80 W/sek **DM 31,50** 125 W/sek **DM 38,50**

Bitte kostenlosen Katalog anfordern!
Wiederverkäufer fordern Angebot!



Code-Schloß

Die Bezeichnung ist zwar zutreffend, aber vielleicht nicht ganz glücklich gewählt, denn auch das mechanische Schloß hat einen Code, und nur ein Schlüssel mit demselben Code paßt. Bemerkenswert im Vergleich zwischen dem mechanischen und dem elektronischen Schloß sind zwei Vorteile, die das Codeschloß auszeichnen:

- Den Schlüssel hat man im Kopf, nicht in der Tasche. Man kann ihn einem anderen geben, aber nicht verlieren.
- Der Code läßt sich leicht ändern.

Trotzdem wird kaum jemand auf die Idee kommen, sämliche Schlösser im Haus durch elektronische zu ersetzen. Eher ist an einen Schutz elektronischer oder elektrischer Anlagen gegen unbefugte Benutzung zu denken.
Was den besonderen Reiz dieser Schaltung ausmacht, ist wahrscheinlich die Tatsache, daß sie die „unbegrenzten Möglichkeiten" der modernen Elektronik demonstriert. Wem es bei der Demonstration etwa des elektronischen Würfels nicht gelungen ist, seine Zuschauer von der zufallsbedingten Häufigkeit der Zahlen zu überzeugen, der kann mit dem Codeschloß bestimmt die letzten Zweifel an der Leistungsfähigkeit der Elektronik ausräumen: Ohne Gewalt läßt sich das Codeschloß nicht knacken, denn der Zufall, daß ein Unbefugter die richtige Bedienung herausfindet, ist zu unwahrscheinlich.

DIE BEDIENUNG

Auf der Frontplatte sind neun Bedienungstaster in quadratischer Anordnung montiert (Bild 1). Fünf dieser Taster sind zu betätigen, wenn man das Schloß öffnen will; die übrigen vier dienen zur Irreführung. Die Positionen der fünf richtigen Taster können willkürlich gewählt werden.
Ganz erheblich erschwert wird das unbefugte Öffnen dadurch, daß die Taster in der richtigen Reihenfolge gedrückt werden müssen.
Nach der richtigen Bedienung dauert es noch etwas, bis das Schloß öffnet. Wird innerhalb dieser Zeit noch ein falscher Taster gedrückt, so ist die „eingestellte" Kombination vollständig zu wiederholen.
Aus der Art der Schaltung ergibt sich ohne zusätzliche Maßnahmen die Möglichkeit, die Batteriespannung zu kontrollieren.

DIE SCHALTUNG

In der Schaltung wird das Prinzip des „Eimerkettenspeichers" verwendet. Umfangreiche Schaltungen dieses Prinzips sind als ICs auf dem Markt, sie dienen zur Verzögerung und ähnlichen Bearbeitungen von NF-Signalen.
Diese ICs haben eine Kettenlänge von mehreren hundert „Eimern"; im Codeschloß sind jedoch nur fünf erforderlich, deshalb kommt der Einsatz eines solchen ICs nicht in Betracht.
Was ist ein Eimerkettenspeicher? Bild 2 dient zur Erläuterung, es zeigt vier Glieder einer

Hit 3

FOTO: An diese Art des Aufbaus, mit 3x3 Tastern auf der Frontplatte, ist man beim Nachbau selbstverständlich nicht gebunden.

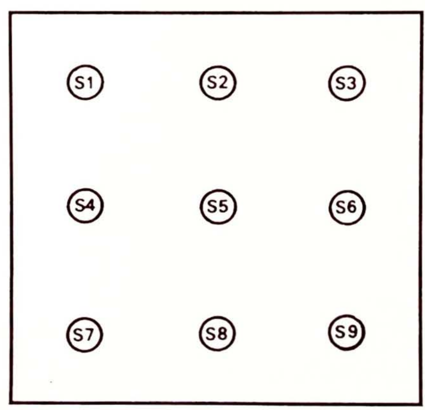


Bild 1. Bei dieser Anordnung der Taster kann man der Frontplatte ein Format geben, das einen einfachen Zusammenbau von Frontplatte und Platine ermöglicht. Welche fünf der insgesamt neun Taster die geheime Zahlenkombination darstellen, muß man selbst entscheiden.

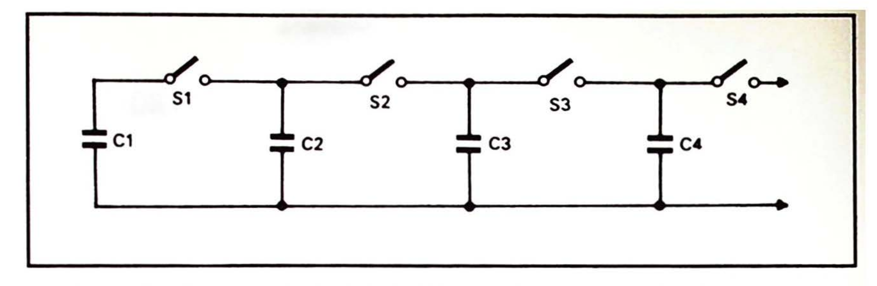
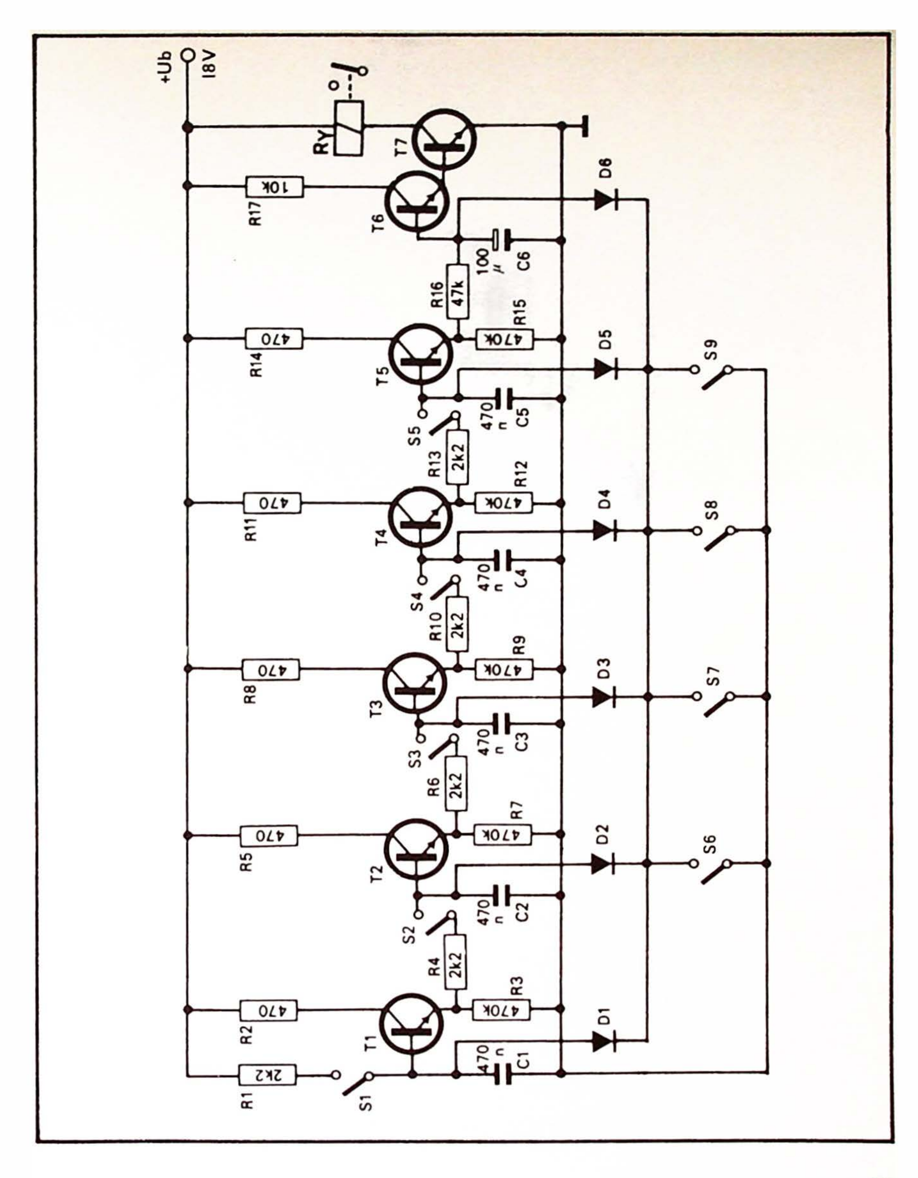
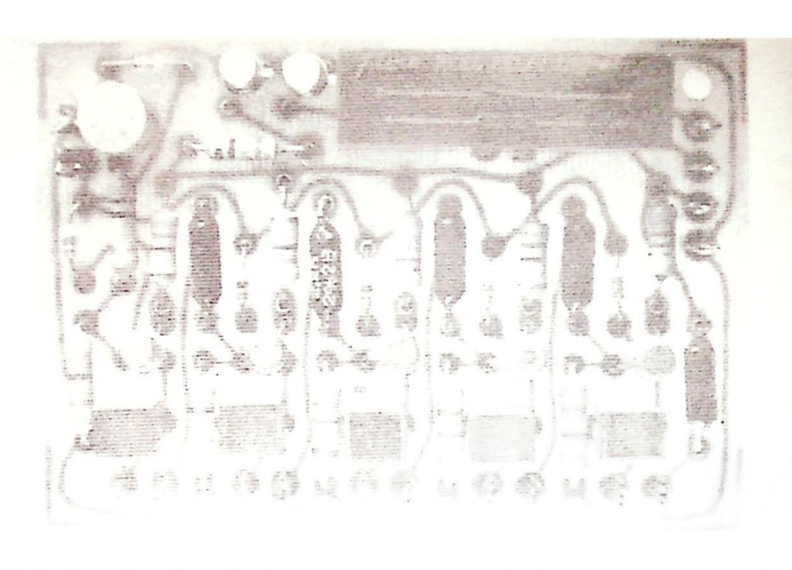


Bild 2. Der Eimerkettenspeicher im Prinzip. Diese Schaltungsart ist noch relativ jung.

Kette aus Kondensatoren und Schaltern. Zunächst sei angenommen, daß der erste Kondensator C1 geladen ist. Schließt man S1, so wird ein Teil der Ladung auf C2 übertragen. 'eim Schließen von S2 überträgt sich ein Teil er Ladung von C2 auf C3 usw.
ı Bild 2 ist die Reihenschaltung der fünf Taster und Kondensatoren wieder zu erkennen. Die Transistoren sind als sogenannte Emitterfolger geschaltet; dies hat zur Folge, daß nicht die „Originalladungen" der Kondensatoren übertragen werden, sondern Spannungswerte. Zwischen den Stufen tritt dabei ein Spannungsverlust von ca. 1 Volt auf, er entsteht an den Basis-Emitterdioden der Transistoren und an den Basiswiderständen R4, R6 usw., an denen der vom Kondensator gelieferte Strom einen Spannungsabfall erzeugt.
Die Schaltung in Bild 3 arbeitet wie folgt: Beim Schließen des Kontaktes S1 lädt sich der Kondensator C1 über R1 sehr schnell auf das Potential der Speisespannung (18 Volt). Gleichzeitig fließt über R1 der Basisstrom von T1, so daß dieser Transistor leitet und an R3 die Spannung +Ub minus 0,7 Volt steht. Öffnet S1 nach dem Loslassen des Tasters wieder, dann liefert C1 den Basisstrom für T1; C1 entlädt sich dabei langsam, deshalb sollte man nicht zu lange mit dem Drücken von S2 warten.
Sobald S2 geschlossen wird, lädt sich Kondensator C2 auf, dabei erreicht die Spannung einen Wert, welcher der momentanen Spannung von C1 entspricht, abzüglich ca. 1 Volt. Beim Schließen von S2 geht auch Transistor T2 in den Leitzustand. Das Kettenglied C2/T2 hat in dieser Phase den Zustand des ersten Gliedes C1/T1 übernommen, wenn man von dem Spannungsverlust von ca. 1 Volt absieht.
Beim Betätigen von S3, S4 und S5 (in dieser Reihenfolge) verschiebt sich der Leitzustand jedesmal um ein Glied nach hinten, allerdings tritt auch der Spannungsverlust jedesmal auf, so daß die Kette nicht beliebig lang werden kann.
Ist man bei S5 angekommen und schließt diesen Kontakt, dann wird Kondensator C6 langsam über R14, den leitenden T5 und R16 geladen. Sobald die Spannung über C6 den Wert 1,4 Volt erreicht, leiten die beiden

Bild 3. Das vollständige Schaltbild läßt wieder das Eimerkettenprinzip erkennen.


+Ub
18V
Ry
T7
T6
T5
T4
T3
T2
T1
R17
10k
R16
47k
R15
470k
R14
470
R13
2k2
R12
470k
R11
470
R10
2k2
R9
470k
R8
470
R7
470k
R6
2k2
R5
470
R4
2k2
R3
470k
R2
470
R1
2k2
100
µ
C6
470
n
C5
470
n
C4
470
n
C3
470
n
C2
470
n
C1
D6
D5
D4
D3
D2
D1
S1
S2
S3
S4
S5
S6
S7
S8
S9



Dank der kompakten Bauweise, insbesondere der geringen Bauhöhe, kann man das Codeschloß eventuell in der Türfüllung verschwinden lassen.

STÜCKLISTE

WIDERSTÄNDE:

R1 = 2,2 kΩ, 1/4 Watt
R2 = 470 Ω, 1/4 Watt
R3 = 470 kΩ, 1/4 Watt
R4 = 2,2 kΩ, 1/4 Watt
R5 = 470 Ω, 1/4 Watt
R6 = 2,2 kΩ, 1/4 Watt
R7 = 470 kΩ, 1/4 Watt
R8 = 470 Ω, 1/4 Watt
R9 = 470 kΩ, 1/4 Watt
R10 = 2,2 kΩ, 1/4 Watt
R11 = 470 Ω, 1/4 Watt
R12 = 470 kΩ, 1/4 Watt
R13 = 2,2 kΩ, 1/4 Watt
R14 = 470 Ω, 1/4 Watt
R15 = 470 kΩ, 1/4 Watt
R16 = 180 kΩ, 1/4 Watt
R17 = 10 kΩ, 1/4 Watt

KONDENSATOREN:

C1 = 470 nF, MKM
C2 = 470 nF, MKM
C3 = 470 nF, MKM
C4 = 470 nF, MKM
C5 = 470 nF, MKM
C6 = 100 μF, 6,3 Volt stehende Montage

TRANSISTOREN:

T1 bis T7 = 7 x BC 107

DIODEN:

D1 bis D6 = 6 x 1N914

SONSTIGES:

9 Miniaturtaster
Relais Miniatur Reedrelais Alma CPRI/B (weiß)

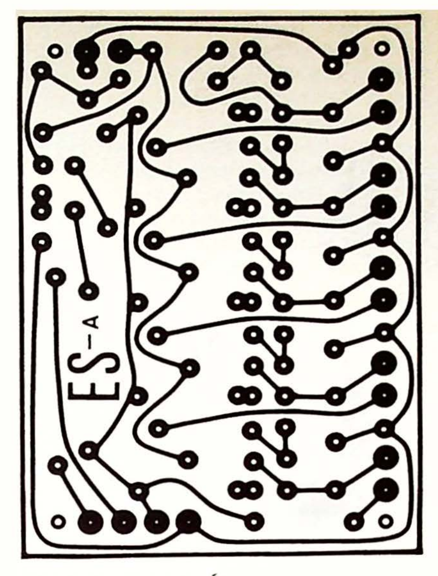


Bild 4. Der Print im Maßstab 1:1.

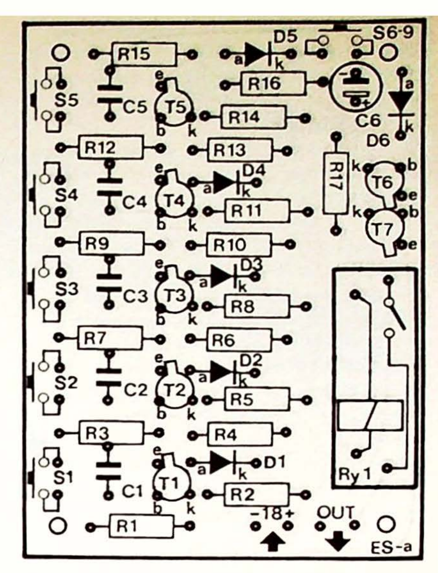


Bild 5. Mit Ausnahme der Taster und der Batterie kommen alle Bauelemente auf den Print.

Transistoren T6 und T7 und das Relais Ry zieht an.
Wenn man zu irgendeinem Zeitpunkt vor dem Anziehen des Relais' einen der vier falschen Taster drückt, so entladen sich sämtliche bis dahin aufgeladenen Kondensatoren über die Dioden D1.....D6. Das Einstellen der Kombination muß dann von vorne wiederholt werden, wenn das Relais anziehen soll.
Hat man die gewählte Kombination ein paarmal geübt, so geht das Betätigen der Taster sehr schnell. Ist man durch, so dauert es noch 2 bis 3 Sekunden, dann öffnet das Schloß (das Relais zieht an). Bleibt das Öffnen aus, so hat man wahrscheinlich unbemerkt einen Fehler gemacht und wiederholt deshalb die Kombination. Passiert auch dann nichts, dann muß die Batterie durch eine frische ersetzt werden, weil die Spannung auf einen nicht mehr ausreichenden Wert gefallen ist. Auf diese Weise ist eine Überprüfung der Batterie auch dann möglich, wenn das Schloß irgendwo im praktischen Einsatz ist, aber längere Zeit nicht benutzt worden ist.

BAUHINWEISE

Bis auf die Taster und die Batterie finden alle Bauteile auf einem Print Platz (Bild 4). Die Bestückung ist in Bild 5 angegeben. Damit die Kondensatoren C1 bis C5 nicht zuviel Platz beanspruchen, wurde der Print für die relativ kleinen und gut erhältlichen MKM-Typen ausgelegt.

Das Relais ist ebenfalls eine Miniaturausführung, ein Reed-Relais in Flachbauweise. Es ist streng darauf zu achten, daß das verwendete Relais für eine Spannung von 18 Volt ausgelegt ist.

Als Taster kann man die bekannten Miniaturausführungen nehmen, jedoch ist hier eine Typenangabe nicht erforderlich, da die Taster ja nicht auf dem Print montiert werden. Im Prototyp sind die neun Taster auf einer Metallplatte mit den Maßen 105 mm x 90 mm montiert. An dieser Frontplatte kann der Print mit vier langen Schrauben und Abstandsröhrchen befestigt werden. Das geschieht jedoch erst dann, wenn an die Taster je zwei Drähte für die Verbindung mit den betreffenden Printanschlüssen angelötet worden sind.

Die vier Nepp-Taster liegen parallel in der Schaltung, es werden also je vier Drähte an die beiden Printanschlüsse S6.....S9 gelötet.

Welche der vier Taster auf der Frontplatte die Neppfunktion bekommen sollen, kann man frei wählen. So kann man als Kombination die Zahlen des Geburtsdatums als „Sesam öffne dich!" benutzen.

Weitere Betrachtungen zum Aufbau erübrigen sich, da es vom Einsatzzweck abhängt, was hinter dem Relais kommt. Allerdings ist zu bemerken, daß die Kontakte solcher Miniaturrelais keine größeren Leistungen schalten können. Der maximale Strom des hier verwendeten Typs wird vom Hersteller mit 0,2 Ampere angegeben. Außerdem hat das Relais nur einen Arbeitskontakt.

Soll der offene Zustand des Schlosses längere Zeit nach dem Öffnen bestehen bleiben, so muß ein zweites Relais mit minimal zwei Arbeitskontakten hinter das erste geschaltet werden. Bild 6 zeigt die Schaltung. Einer der beiden Arbeitskontakte des zweiten Relais Ry2 wird als sogenannter Selbsthaltekontakt

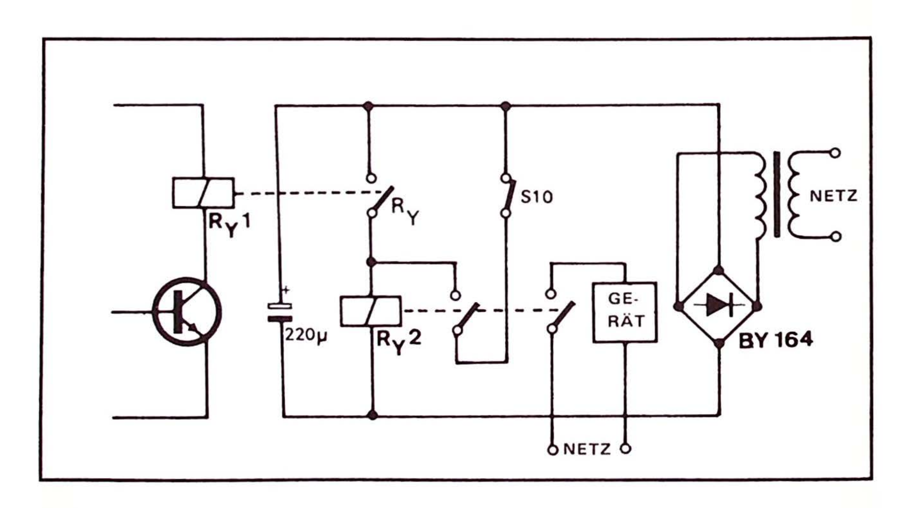


Bild 6. Die Hilfsschaltung mit zusätzlichem Relais ist erforderlich, wenn das Schloß längere Zeit geöffnet bleiben soll. Taster S10 dient zum Löschen der Selbsthaltung.

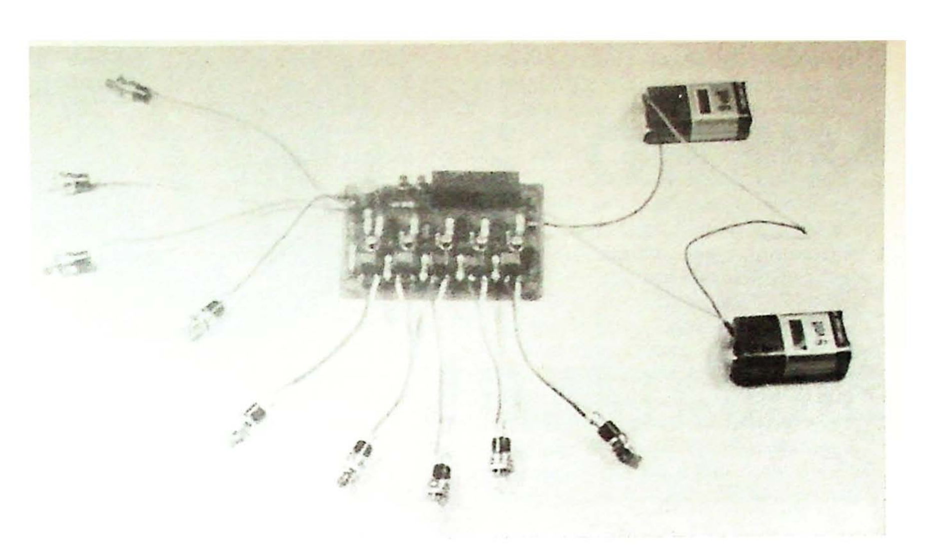


Foto
Das Schloß vor dem Einbau.

verwendet.
Wenn Relais Ry1 anzieht, schließt sein Kontakt Ry. Relais Ry2 zieht nun ebenfalls an, es schließt seine beiden Arbeitskontakte. Über den Ruhekontakt eines zusätzlichen Tasters S10 erhält Ry2 auch denn noch Spannung, wenn das erste Relais bereits wieder abgefallen ist. Das Relais Ry2 schaltet ab, wenn der Selbsthaltestromkreis durch Betätigen von S10 kurz unterbrochen wird. Der zweite Arbeitskontakt von Ry2 dient zum Einschalten eines Gerätes, z.B. eines elektrischen Türöffners.

Es ist nicht empfehlenswert, das zweite Relais ebenfalls aus der Batterie zu speisen, da solche kräftigeren Ausführungen einen höheren Stromverbrauch haben. Besser ist eine Lösung wie in Bild 6 angegeben. Das Relais wird über einen Klingeltransformator gespeist, dem ein Gleichrichter nachgeschaltet ist.
Die Speisespannung für die eigentliche Elektronik liefern zwei in Reihe geschaltete 9 Volt-Batterien. Ein Einschalter für die Speisespannung ist nicht erforderlich, da der Stromverbrauch der Schaltung im Ruhezustand sehr gering ist. Ein Amperemeter zeigt im Bereich 30 Mikroampere keinen Ausschlag. Bei eingeschaltetem Relais Ry1 beträgt die Stromaufnahme ca. 10 Milliampere.

MIKRO - 2



SIGNALHORN

Der erste Teil dieser Experimentierserie beschrieb einen Blinker auf der Basis eines astabilen Multivibrators (AMV). Diese Schaltung ist auch zur elektronischen Schallerzeugung über einen Lautsprecher geeignet. Dazu sind nur einige Bauelemente anders zu dimensionieren. Der Einfluß der Bauelement-Werte und Steuermöglichkeiten werden experimentell untersucht.

Für die Experimente wird ein Lautsprecher benötigt. Zweckmäßig wäre ein hochohmiger Typ von 150 Ohm, solche Typen kommen jedoch in den meisten Bastelkisten nicht vor und sind auch kaum erhältlich. Deshalb bezieht sich die Beschreibung der Experimente auf einen beliebigen 8 Ohm-Lautsprecher; wenn keiner vorhanden ist, geht auch ein 4 Ohm-Typ oder eine Reihenschaltung von zwei Lautsprechern. Muß einer angeschafft werden, so ist auf jeden Fall eine Investition von DM 3,- bis DM 5,- ausreichend, wobei man jedoch von den preiswerten Miniatur-Typen absehen sollte.
Für die Experimente recht nützlich sind

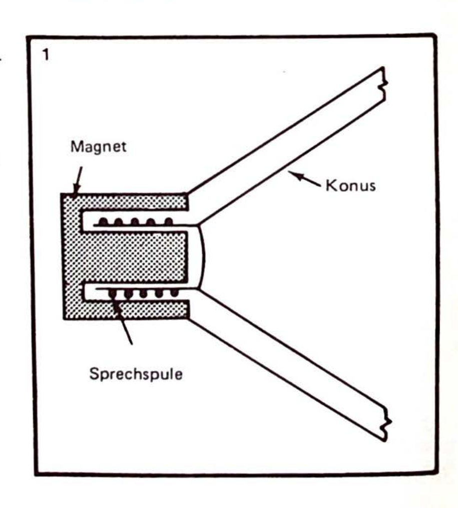


Bild 1. Der Aufbau eines Lautsprechers.

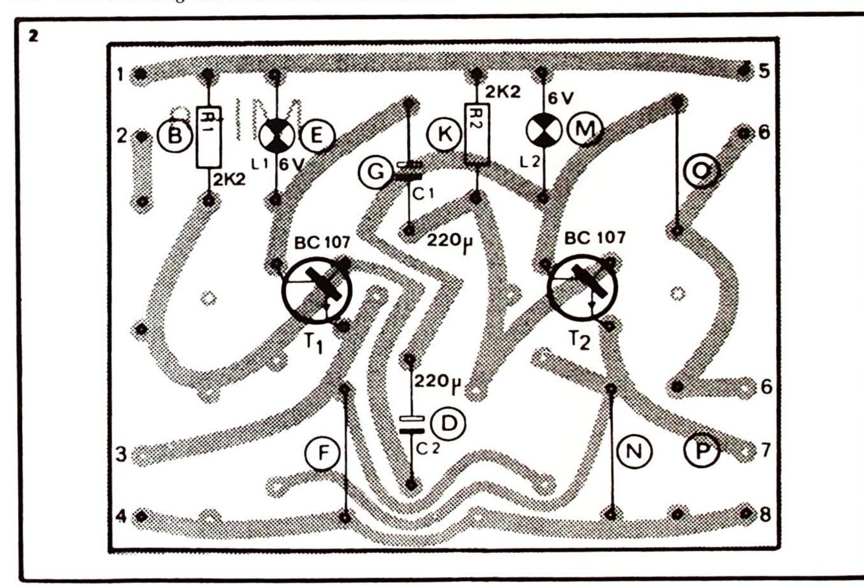
Kabelschnüre mit (isolierten) Krokodilklemmen. Sie dienen zum schnellen, lötfreien Verbinden der Prints untereinander, zum Anschluß des Lautsprechers und der Batterie, die ja zwischendurch häufiger „abgeklemmt" werden muß. Wer sie preiswert bekommen kann, sollte sie mitnehmen, denn auch im Heimlabor sind Strippen (terminus technicus) die wichtigste Nebensache.

EXPERIMENT 1

Bei diesem Experiment werden nur der Lautsprecher und die Batterie bzw. die Spannungsquelle benötigt. Der Lautsprecher, wenn es ein 4 Ohm- oder ein 8 Ohm-Typ ist, muß über einen Reihenwiderstand 100 Ohm bis 150 Ohm gesteuert werden; diesen Widerstand lötet man an einen Anschluß des Lautsprechers. Das freie Ende des Widerstandes verbindet man mit einem Pol der Speisequelle. Ist der Lautsprecher hochohmig (150 Ohm oder mehr), so verbindet man einen seiner Anschlüsse unmittelbar mit einem Pol der Speisequelle. An den zweiten Anschluß des Lautsprechers wird ein Stück Draht gelötet oder eine Strippe geklemmt. Mit dem freien Ende dieser Verbindungsleitung tippt man kurz an den zweiten, freien Pol der Speisequelle. Aus dem Lautsprecher kommt ein Knacken.

In diesen Moment wird nämlich der Stromkreis geschlossen. Durch die Sprechspule des Lautsprechers (Bild 1) fließt Strom; er erzeugt ein Magnetfeld. In Abhängigkeit von der Stromrichtung in der Sprechspule ist die Richtung des erzeugten Feldes zum Feld des Permanentmagneten („Magnet" in Bild 1) gleichsinnig oder ihm

Bild 2. Bestückung des Mikro-Prints als Blinker.



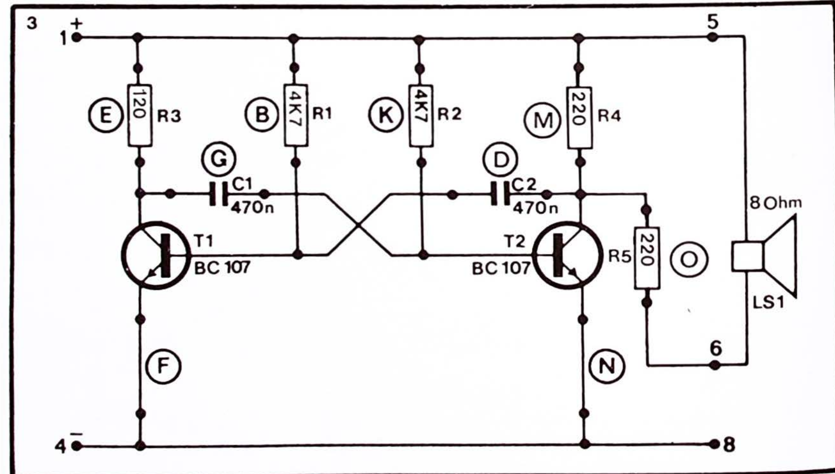
entgegengerichtet. Die beiden Felder erzeugen eine Kraft, die entweder abstoßend (bei gleichnamigen Polen der Felder) oder anziehend wirkt (bei ungleichnamigen Polen). Die Spule wird demnach entweder weiter in den Magneten hineingezogen oder nach außen gedrückt. Diese Erscheinung kann man an der Konusbewegung erkennen. Der Konus bewegt die umgebende Luft und erzeugt so den Schall, der sich als „Knacken" äußert.

Vertauscht man nun entweder die beiden Verbindungen am Lautsprecher oder an der Speisequelle gegeneinander (Umlöten oder Umklemmen), so ändert sich die Stromrichtung in der Spule. Beim Antippen bewegt sich nun der Konus nach innen, wenn er sich vor dem Umpolen nach außen bewegt hat, und umgekehrt.

Dieses Experiment mag manchem reichlich einfach und schulmeisterlich vorkommen, es hat aber eine praktische Bedeutung. Sobald mehrere Lautsprecher in einer NF-Übertragungsanlage arbeiten, und das ist schon bei der Stereoanlage der Fall, müssen alle Lautsprecher in Phase sein, d.h. die Konusbewegungen müssen im Gleichtakt erfolgen, sonst kann es zu Teilauslöschungen des Schallsignals kommen. Dies gilt auch für die Lautsprecher eines Kanals in Zwei-, Drei- und Mehrwegsystemen.



Bild 3. Ein astabiler Multivibrator als Signalhorn oder Summer.



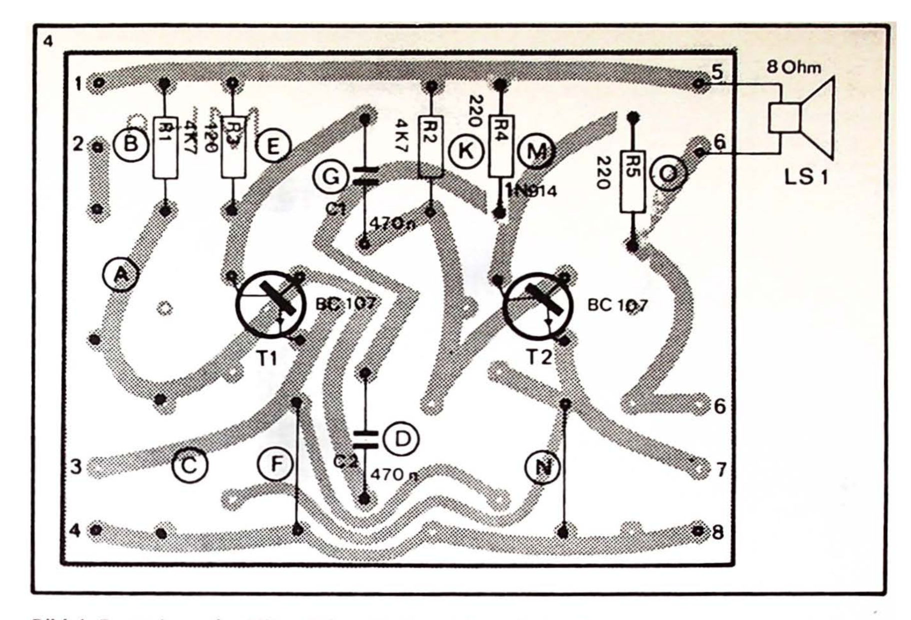


Bild 4. Bestückung des Mikro-Prints für den elektronischen Summer.

Bei fertigen Boxen und Anlagen ist eine Kontrolle der Phasenbedingung natürlich überflüssig, zudem ist der Konus meist nicht sichtbar. Bei selbstgebauten Boxen geht es bei der Phasenkontrolle meist nicht um die Lautsprecher, denn im allgemeinen sind gleichsinnige Anschlüsse gekennzeichnet. Notwendig ist die Prüfung der Lautsprecherkabel, wenn sie nicht gezeichnet (farbcodiert) sind, und der Verstärker, wenn verschiedene Typen gemeinsam in einer Anlage arbeiten. Hier kann man von den Eingängen bis zu den Lautsprechern die Phasenlage kontrollieren. Man verbindet die Verstärker-Masse mit einem Pol der Spannungsquelle und tippt mit einem Draht vom zweiten Pol nacheinander die Eingänge an. Die dabei jeweils gesteuerten Lautsprecher müssen alle gleiche Konusbewegungen zeigen. (Siehe dazu auch den Beitrag „Anpassung - wie geht das?" in Heft 1)

EXPERIMENT 2

Für dieses Experiment wird die Schaltung des Blinkers aus Mikro-1 benötigt; Bild 2 zeigt nochmals die Bestückung des Mikro-Prints. Zusätzlich kommt an die mit „O" bezeichnete Printstelle ein Widerstand 220 Ohm (bei hochohmigem Lautsprecher eine Drahtbrücke).

Beim Anlegen der Speisespannung blinken die Lämpchen. Während des Betriebs kann man zwischen den Punkten 5 und 6 den Lautsprecher anklemmen, und zwar ohne Vorwiderstand, denn der ist auf dem Print. Jedesmal, wenn Lämpchen L2 aufleuchtet,

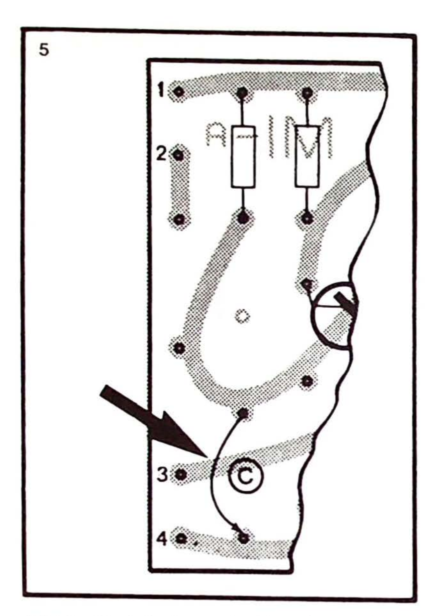


Bild 5. Wird die Basis des Transistors über eine Drahtbrücke kurzgeschlossen, so schweigt der Summer: die einfachste Art einer Steuerung.

EXPERIMENT 3

Wie in Mikro-1 bereits beschrieben, kann die Frequenz durch Verringern der Kapazitätswerte von C1 und C2 (Bild 2) erhöht werden. Diese Änderung der Schaltung kann auf dem Print vorgenommen werden, jedoch ist die Blinkerschaltung ein Bestandteil der Experimente in Mikro-3. Deshalb empfiehlt es sich, die Schaltung Bild 3 auf einem zweiten Print aufzubauen.

Der Multivibrator ist leicht wiederzuerkennen. Die Lämpchen in den Kollektorleitungen sind ersetzt durch einen Widerstand R3 (linker Transistor) und den Lautsprecher, der mit zwei Widerständen R4 und R5 so geschaltet ist, daß der Gesamtwiderstand der Anordnung etwa denselben Wert wie R3 hat. Beim Anschließen der Speisespannung erklingt ein Ton von ca. 320 Hertz. Der Konus des Lautsprechers schwingt in einer Sekunde 320 mal hin und her.

Die Frequenz und damit die Tonhöhe lassen sich beeinflussen. Dazu ersetzt man die Festwiderstände bei B und K durch die Trimmerprints.

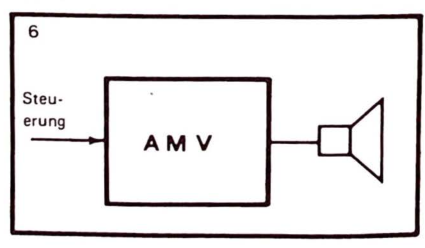
Beim Verdrehen der Potis ist festzustellen, daß sich die Frequenz in einem weiten Bereich ändert: ca. 100 Hertz bis 2,5 Kilohertz. Weiter zeigt das Experiment, daß sich

knackt der Lautsprecher.

Die Erklärung ist einfach, denn beim Aufleuchten des Lämpchens gelangt auch an die Anschlüsse des Lautsprechers eine Spannung. Was in Experiment 1 von Hand geschah, passiert hier elektronisch, mit der Frequenz des astabilen Multivibrators.

Es handelt sich um eine einfache Art elektronischer Schallerzeugung, aber lange dauert das Experiment sicher nicht, denn schöner Klang ist etwas anderes. Wenn die Frequenz des Multivibrators höher wird, wandelt sich das Knacken langsam in ein Brummen und geht schließlich in einen Summton über.

Bild 6. Von Steuerung spricht man, wenn die Funktion einer Schaltung durch ein externes Signal beeinflußt wird. In Blockbildern kommt das Steuersignal ebenfalls aus einem Block.



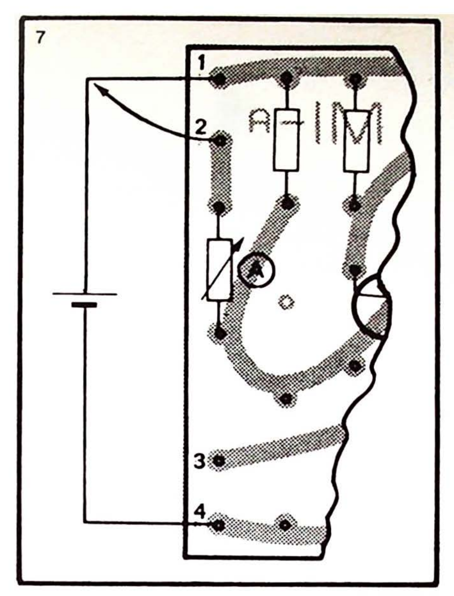


Bild 7. Tonhöhen- (Frequenz-) änderung eines AMV mittels einer Spannung am Steuereingang.

die Frequenz bereits ändert, wenn man die Einstellung auf nur einem der Trimmerprints verändert. Das ist durchaus logisch, denn jeder der beiden Basiswiderstände hat Einfluß auf eine Hälfte der gesamten Periode des AMVs.

EXPERIMENT 4

Die beiden Trimmerprints werden nun wieder gegen die Festwiderstände 4,7 Kiloohm ausgetauscht.
Man legt wieder die Speisespannung an und schließt im Betrieb die Basis des Transistors T1 kurz, indem man ein Drahtende an die Anschlüsse der Bauelement-Stelle C hält (Bild 5).
Der Summer schweigt. Dies ist interessant, denn damit wurde eine Methode zum Stop des Multivibrators gefunden, bei der die Speisespannung nicht abgeschaltet wird.
Die Basis des Transistors ist demnach als „Steuereingang" geeignet. So werden Schaltungspunkte bezeichnet, an denen man die Schaltungsfunktion durch ein externes Signal beeinflussen kann. Im vorliegenden Fall ist das Signal so beschaffen, daß es den Steuereingang auf Massepotential legt.
In Blockschaltbild ist der Steuereingang an dem Pfeil zu erkennen (Bild 6).
Beim Entfernen des Kurzschlußdrahtes startet der Multivibrator selbsttätig.

EXPERIMENT 5

In diesem Experiment wird der Summer mit einem „richtigen" externen Signal gesteuert.
An der Bauelementstelle A lötet man einen Trimmerprint ein (Bild 7). An Anschluß 2 kommt ein Ende eines Drahtstückes.
Beim Einschalten der Speisespannung erklingt wieder das „eintönige" Summen. Nun verbindet man das freie Drahtende mit dem Pluspol der Speisespannung (Bild 7). Die Tonhöhe ändert sich, und zwär hängt der Grad der Änderung von der Einstellung der Potis auf dem Trimmerprint ab.
Im Prinzip ist diese Erscheinung nicht neu, denn es liegt in dieser Schaltung ein Widerstand zum Basiswiderstand B parallel, es ändert sich also nur der resultierende Gesamtwiderstand an der Basis von T1.
Bemerkenswert ist dieses Experiment deshalb, weil es zeigt, wie mit einer Steuerspannung am Steuereingang des AMVs die Frequenz beeinflußt werden kann.
In Mikro-3 wird diese Methode zum Aufbau einer elektronischen Sirene verwertet.

DER TIP 1 2 3 4 5 6 7

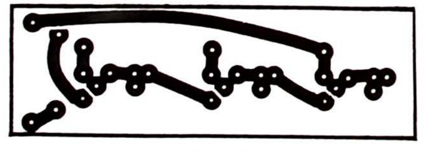
In dieser Rubrik macht P.E. die „Tipkiste" auf, mit kleinen Tips, Tricks und Kniffen, die das Elektronik-Hobby angenehmer, preiswerter usw. machen. Die P.E.-Leser verfügen zusammen über viel mehr Tricks als die Redaktion. Es wäre schade, wenn diese Ideen unbeachtet in der Kiste blieben. Deshalb: Auf geht's!

4.1 Der Tip 1 in P.E. Nr. 1 kann noch erweitert werden. Man biegt die Batteriefahnen mit der Rundzange zu Ösen, im Durchmesser passend für Bananenstecker. Da diese Stecker mit dem Leitungsdraht durch Schrauben verbunden werden, braucht man noch nicht einmal einen Lötkolben dazu.

Karl Becker

4.2 Die Trimmpotischaltung Mikro-b ist nur zum Einbau von Potis in stehender Ausführung geeignet. Dabei könnte durch eine geringfügige Änderung des Layouts ein universeller Print für sämtliche gängigen Poti-Typen (stehend, liegend, mit unterschiedlichen Füßchen) geschaffen werden. Man könnte dann den preiswertesten oder gerade erhältlichen Typ verwenden.

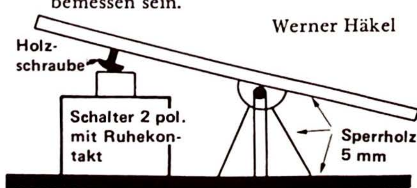
Harald Selmke
Reinhard Emig
(Layout-Skizze)



Der Vorschlag, das Print-Layout im Sinne der Einsender abzuändern, wird auf seine Durchführbarkeit geprüft (Red.)
(Skizze im verkleinerten Maßstab)

4.3 FET's in MOS-Technologie, überhaupt MOS-Bauelemente, sind so empfindlich, daß sie durch Berühren eines Anschlußpins beschädigt werden können. Manche Ausführungen haben Eingangsschutzdioden, aber eben nicht alle. Die statischen Ladungen, die man meist unbemerkt mit sich herumträgt und eine Person (abhängig von der Kleidung, der Witterung und vom Bodenbelag) auf einige hundert Volt aufladen können, führen beim Anfassen eines Pins manchmal zu zerstörerischen Durchschlägen zwischen den Schichten des Halbleiters. Der Erzfeind solcher empfindlichen Bauelemente ist von Natur aus der Lötkolben. Durch schlechte Isolation bei fehlendem oder schlechtem Schutzkontakt kann ebenfalls sehr leicht Beschädigung eintreten.
Ein Fußschalter mit 2 Ruhekontakten in der Zuleitung des Lötkolbens schafft Abhilfe. Kurz vor dem Lötbeginn tritt man den Schalter. Das Unterbrechen beider Leitungen ist wichtig, da man sonst die Stecker und Kupplungen kennzeichnen müßte, um mit Sicherheit die Phase abzuschalten. Der Fußschalter läßt sich einfach herstellen; der verwendete Taster oder Schalter mit zwei Ruhekontakten muß selbstverständlich für Spannung und Strom des verwendeten Lötkolbens bemessen sein.

Werner Häkel



Aussteuerungs-kontrolle in dB

Ein Aussteuerungsmesser dient zur Kontrolle und Messung der Amplitude des NF-Signals in einer Übertragungsanlage. Die „Signalstärke", wie man vereinfacht sagen könnte, wird in dB (dezi-bel) angezeigt.
Über solche Aussteuerungsmesser verfügt praktisch jedes Kassetten- und Bandgerät. Auch Mischpulte und Verstärker für gehobene Ansprüche haben eine Aussteuerungskontrolle, auch wenn deren Nutzen bei Verstärkern nicht ganz einzusehen ist.
Obwohl es sich um Meßgeräte handelt, liegt die Betonung auf „Kontrolle". An den kritischen Stellen einer Anlage wird kontrolliert, ob eine bestimmte Funktionseinheit nicht übersteuert wird. Diese Kontrolle ist gerade bei Bandaufnahme unentbehrlich, weil sich eine übersteuerte Aufnahme nicht mehr korrigieren läßt. Die Übersteuerung äußert sich in unangenehmen Verzerrungen, deshalb muß die Aufnahme „sitzen".
Die herkömmlichen Aussteuerungsmesser - kleine Drehspul-Zeigerinstrumente mit DB - Eichung-werden mehr und mehr von „Thermometer"-Skalen abgelöst. Das sind meist vertikal angeordnete LED-Zeilen; je größer die Signalstärke, desto mehr LED's leuchten auf („Lichtsäule"). Diese Art von Aussteuerungsanzeigen könnte man als Modeerscheinung abtun, aber es sieht ganz so aus, daß sie sich auch in professionellen Geräten durchsetzen. Der Vorteil der Thermometerskalen: Bei Übersteuerung leuchten im allgemeinen rote LED's auf, als eindringliches optisches Warnsignal; außerdem sind sie als rein elektronische Skalen praktisch trägheitslos, im Gegensatz zu den mechanischen Instrumenten. Damit die Länge der Lichtsäule auch tatsächlich ein Maß für die Signalamplitude ist, muß jeder LED-Stelle eine bestimmte Amplitude zugeordnet sein, d.h. auch diese Aussteuerungsmesser müssen geeicht werden.

DAS DEZI-BEL

Der Funktionsbeschreibung eines Aussteuerungsmessers sollte die Erläuterung vorangestellt sein, was ein solches Gerät eigentlich mißt. Das Dezi-Bel ist ein zehntel Bel, so wie das Dezimeter ein zehntel Meter ist. Das Bel ist eine Größe, die das Verhältnis zweier Spannungen oder Leistungen angibt. In der

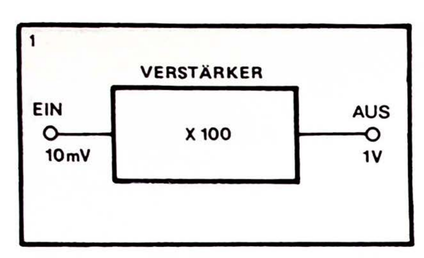


Bild 1. Der Verstärkungsfaktor einer Schaltung ist eine Verhältniszahl: Ausgangsspannung zu Eingangsspannung.

populären Elektronik spielt das Dezibel als Verhältnis der Spannungen die weitaus größte Rolle.
Bei einem Verstärker soll der Verstärkungsfaktor gemessen und zahlenmäßig ausgedrückt werden. Man legt eine Spannung an den Eingang, z.B. 10 Milli-Volt, und mißt die Ausgangsspannung. Beträgt sie z.B. 1 Volt (=1000 Milli-Volt), so hat der Verstärker den Verstärkungsfaktor 1000mV:10mV = 100. Das ist also sehr einfach und es ist zunächst nicht einzusehen, warum eine neue Größe (das Dezibel) für Spannungsverhältnisse eingeführt werden soll.
Eine einzelne Verstärkerstufe, wie sie Bild 1 zeigt, ist in elektronischen Geräten fast immer das Glied einer längeren Kette von Stufen; eine solche Kette besteht z.B. aus Vorverstärker, Klangregler, Balanceeinsteller, Lautstärkeeinsteller und Leistungsverstärker. Bild 2 zeigt ein solches System. Jede Einheit hat einen Verstärkungs- oder Abschwächungsfaktor. Zur Ermittlung der Gesamtverstärkung müssen die Faktoren der Einheiten multipliziert werden. Da hört dann die Einfachheit auf.
Deshalb wurde nach einem Verfahren gesucht, das es gestattet, durch einfache Addition der Einzelwerte die Gesamtverstärkung zu bestimmen. Bei dem allgemein üblichen Verfahren wird jeder Faktor zunächst in Dezibel (dB) umgerechnet.
Das Dezibel ist der zwanzigfache Logarithmus des Verhältnisses zwischen Aus- und Eingangsspannung. Als Formel geschrieben:

$$V\ (dB) = 20 \log \frac{Uaus}{Uein}$$

Mit V ist der Verstärkungs- (oder Abschwächungs-) Faktor bezeichnet.
Die Formel hat für die Praxis keinerlei Bedeutung, da sie für Berechnungen nicht erforderlich ist. Stattdessen arbeitet man mit Tabellen, in denen die dB-Werte der Verstärkungsfaktoren aufgeführt sind. Bild 3 zeigt eine solche Tabelle für häufig benötigte dB-Werte. Den dB-Werten sind abweichend von der üblichen Tabellenform nicht Spannungsverhältnisse zugeordnet, sondern Ausgangsspannungen in Volt; sie beziehen sich auf den Fall, daß am Eingang

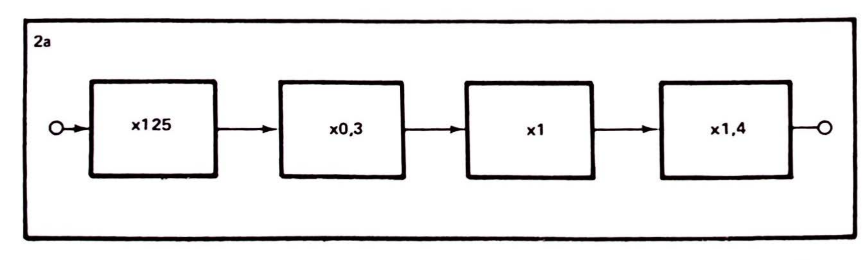


Bild 2a. Eine Kette aus vier Verstärkern oder Verstärkerstufen. Jedes Glied der Kette hat einen Verstärkungs- oder Abschwächungsfaktor.

eines Gerätes eine Spannung von 1 Volt steht. Man kann aus dieser Tabelle entnehmen, welche Ausgangsspannung ein Verstärker hat, wenn sein Verstärkungsfaktor (in dB) bekannt ist und die Eingangsspannung 1 Volt beträgt.

Der Logarithmus, ein Begriff aus der Mathematik, ist u.a. eine Rechenmethode für große Zahlen; für die Berechnung des Verstärkungsfaktors einer Übertragungsanlage bietet er deutliche Vorteile. Die Verstärkungs- oder Abschwächungsfaktoren werden im logarithmischen dB-System als relativ kleine, „handliche" Zahlen ausgedrückt, die man nur zu addieren braucht, um die Gesamtverstärkung einer Übertragungskette zu ermitteln. Bild 2b zeigt dieselbe Übertragungskette wie Bild 2a, jedoch sind hier die Verstärkungsfaktoren in dB ausgedrückt. Die Gesamtverstärkung beträgt:

+42 dB -10 dB ±0 dB +3 dB =+35 dB

Nach der Tabelle hat die Kette den Gesamtverstärkungsfaktor 56.

Die Tabelle geht nur bis Faktor 100 (+40dB). Um den dB-Wert von 125 zu ermitteln, trennt man die Zahl in zwei Faktoren:

125 = 100 x 1,25

in dB:

42 = 40 + 2 (laut Tabelle).

Beim Rechnen mit dem Dezibel darf man nie außer Acht lassen, daß das dB immer das Verhältnis zweier Spannungen ist. Auch bei einem VU-Meter, z.B. in einem Band- oder

Verstärkung (dB)	Ausgangsspannung (Volt)
−40	0,010
−35	0,017
−30	0,031
−25	0,056
−20	0,100
−15	0,177
−10	0,316
− 5	0,562
− 4	0,631
− 3	0,707
− 2	0,794
− 1	0,891
0	1
+ 1	1,122
+ 2	1,259
+ 3	1,413
+ 4	1,585
+ 5	1,778
+10	3,162
+15	5,623
+20	10,000
+25	17,78
+30	31,62
+35	56,23
+40	100,00

Bild 3. Dezibel-Tabelle. Den dB-Werten sind nicht Verhältniszahlen (Verstärkungsfaktoren) zugeordnet, sondern Ausgangsspannungen, bezogen auf eine Eingangsspannung von 1 Volt.

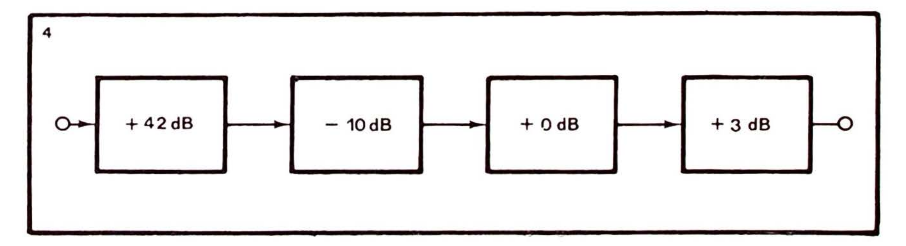


Bild 2b. Dieselbe Verstärkerkette wie in Bild 2a, jedoch sind hier die Verstärkungsfaktoren in dB eingetragen.

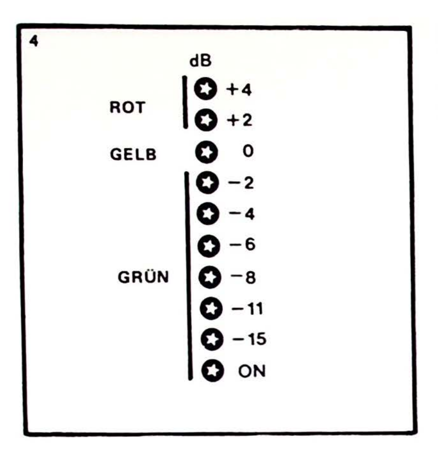


Bild 4. Skala eines LED-VU-Meters. Aufgrund der Verwendung verschiedenfarbener LED's fällt eine Übersteuerung sofort ins Auge.

Kassettengerät, geht es um Spannungsverhältnisse, obwohl nur eine Spannung tatsächlich vorhanden ist, nämlich das Ausgangssignal des Gerätes (z.B. Tuner, Plattenspieler), von dem man aufnehmen will. Die zweite Spannung ist nicht tatsächlich vorhanden; was auf der dB-Skala angezeigt wird, ist das Verhältnis zwischen der (momentanen) Signalspannung und dem Maximalwert dieser Spannung, der bei der Aufnahme nicht überschritten werden darf. Dieser Maximalwert liegt auf der Skala bei Null dB.
Ein Beispiel: Der Aufnahmepegel ist z.B. so eingestellt, daß das VU-Meter als maximalen Wert -8 dB zeigt. Die Signalspannung darf noch um 8 dB ansteigen, bevor der Maximalwert erreicht wird. Der Maximalwert ist bei einem Rekorder die Spannung am Aufnahmekopf, die das Band noch unverzerrt verarbeiten kann.
Eine besondere Eigenschaft der dB-Skala ist ihre Nichtlinearität. Ein gewöhnliches Vielfachmeßinstrument hat in den Gleichspannungsbereichen eine lineare Skala mit gleichen Abständen zwischen den Skalenmarken. Hat eine solche Skala den Vollausschlag 10 Volt, so haben die Hauptskalenmarken gleiche Abstände von je 1 Volt (aber auch die Bogenlänge in mm ist konstant).

Die dB-Skala dagegen ist nichtlinear. Haben die Endmarken der Skala z.B. die Werte +3 dB und -20 dB, so ist der Abstand zwischen den Marken -3 dB und Null dB viel größer als der Abstand zwischen z.B. den Marken -20 dB und -17 dB, obwohl die Pegeldifferenz in beiden Fällen 3 dB beträgt. Diese Nichtlinearität ist keineswegs ein Nachteil der dB-Skala, im Gegenteil: Der wichtige Bereich in der Umgebung der 0 dB-Marke nimmt einen großen Teil der Skala in Anspruch, hier wird also relativ genau angezeigt, während der unwichtige Bereich, wo die Signalstärke noch weit unterhalb dem maximal zulässigen Wert liegt, zusammengedrängt ist.

Bei den VU-Metern mit LED-Zeilen, die sich immer mehr durchsetzen, können die LED's als „leuchtende Skalenmarken" aufgefaßt werden, die dann aufleuchten, wenn der betreffende Skalenwert erreicht oder überschritten wird. Obwohl, wie das Beispiel Bild 4 zeigt, die Nichtlinearität der LED-Skala nicht so ausgeprägt ist wie bei einem dB-Zeigerinstrument, umfaßt auch hier der wichtige Bereich von -8 dB bis +4 dB den größten Teil der Gesamtskala.
Die erste „Marke" von unten ist kein dB-Wert, diese LED leuchtet immer, wenn das Gerät eingeschaltet ist (Kontroll-LED).
Im zulässigen Bereich der Signalstärke sind die LED's grün, der Grenzfall Null dB wird von einer gelben LED angezeigt, im verbotenen Bereich leuchten rote LED's.
Der Gesamtbereich von -15 dB bis +4 dB hat einen geringeren Umfang als bei den klassischen Zeigerinstrumenten; ein Nachteil ist

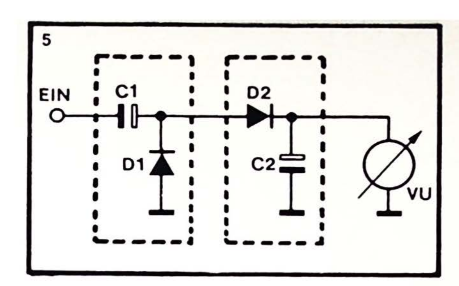


Bild 5. Blockschaltbild des klassischen VU-Meters, bestehend aus einem Klemmkreis und einem Gleichrichter.

damit nicht verbunden, weil nur Unwesentliches entfällt.

DAS MESSPRINZIP

Die elektronische Schaltung eines VU-Meters der neueren Art ist naturgemäß umfangreicher als die Beschaltung eines klassischen dB-Zeigerinstrumentes. Das alte Meßverfahren hat aber einige allgemeingültige Aspekte, deshalb sollte es nicht ganz übergangen werden.

Bild 5 zeigt das Blockschema. Der erste Block enthält einen „Klemmkreis", der zweite einen gewöhnlichen Spitzengleichrichter.

Der Klemmkreis hat die Aufgabe, einen möglichst großen Anteil des Eingangssignals nutzbar zu machen. Der Gleichrichter erzeugt eine der Signalwechselspannung proportionale Gleichspannung, die über dem Kondensator C2 entsteht; diese Spannung erzeugt einen Strom, der über einen (nicht eingezeichneten) Vorwiderstand in das Meßwerk des Instrumentes fließt. Eine detaillierte Funktionsbeschreibung folgt im Abschnitt „der Gleichrichter".

Eine Aussteuerungsanzeige muß ganz bestimmten Anforderungen genügen. In erster Linie muß die Anzeige auf einen plötzlichen Anstieg der Signalamplitude möglichst schnell reagieren, es muß den „Signalspitzen" folgen. Je schneller, um so besser, denn gerade diese Spitzen verursachen im allgemeinen die unerwünschte Übersteuerung. Ein VU-Meter mit Zeigerinstrument ist hier wegen der mechanischen Trägheit des Meßwerks eindeutig im Nachteil gegenüber einer rein elektronischen Ausführung.

Eine zweite, wichtige Forderung lautet, daß bei schnell abnehmender Signalspannung die Anzeige verzögert zurückgeht. Wenn die Anzeige dem Meßwert unmittelbar folgen würde, wäre sie für eine brauchbare Ablesung viel zu unruhig. Diese Forderung läßt sich sowohl bei einem klassischen, als auch bei einem LED-Aussteuerungsmesser leicht erfüllen.

Drittens ist es wichtig, daß der Eingangsspannungsbereich des Meßgerätes dem zur Verfügung stehenden Signal angepaßt ist oder werden kann; z.B. muß die Ausgangsspannung eines Vorverstärkers zur Steuerung des VU-Meters ausreichen. Hier ist das VU-Meter mit Zeigerinstrument im Vorteil, denn meist reicht die vorhandene Signalsspannung zur direkten Steuerung des Instrumentes aus, während für ein LED-VU-Meter eine kräftige Spannungsverstärkung erforderlich ist.

So etwas wie eine „Prinzipschaltung für LED-VU-Meter" gibt es nicht. Vielmehr sind zahlreiche Varianten zur Steuerung einer LED-Zeile bekannt, darunter ein spezielles IC, bei dem es genügt, die Signalspannung, die Speisespannung und die LED's anzuschließen.

Eine der möglichen Varianten zeigt Bild 6 blockschematisch. Zu jeder der 9 LED's liegt ein Schalter in Reihe. Bei geschlossenem Schalter leuchtet die betreffende LED. Alle Schalter werden von der Eingangsspannung (der zu messenden Spannung) gesteuert; soll ein Schalter schließen, dann muß die Eingangsspannung höher sein als eine be-

stimmte Referenzspannung. Da die Referenzspannung bis zur neunten LED immer höher wird, leuchten bei einer bestimmten Höhe der Eingangsspannung nur die LED's, deren Referenzspannung unter dem Wert der Eingangsspannung liegt.
Wenn die Eingangsspannung Null Volt ist (z.B. beim Plattenwechsel, bei einer Sendepause), sind alle Schalter geöffnet, alle LED's aus. Steigt die Eingangsspannung auf 1 Volt, so schließt S1, und LED D1 leuchtet. Steigt die Eingangsspannung weiter, z.B. auf 5 Volt, so schließen nacheinander die Schalter 2 bis 5.
Selbstverständlich sind in einem LED-VU-Meter die Schalter nicht mechanisch, sondern rein elektronisch: Transistoren, und zwar je einer pro Schalter. Wie der elektronische Schalter konkret aufgebaut ist, hängt davon ab, wie die neun verschiedenen Referenzspannungen erzeugt werden. Zahlreiche Verfahren wurden in der letzten Zeit beschrieben, aber das hier gezeigte Beispiel ist trotzdem recht originell: Die Spannung über einer leuchtenden LED ist die Referenzspannung für die nächste LED. Eine gesonderte Erzeugung der Referenzspannung entfällt somit; dafür darf dann im Vorverstärker etwas mehr sinnvoller Aufwand getrieben werden.

DIE ANZEIGESCHALTUNG

Bild 7 zeigt ein vereinfachtes Schaltbild des Verfahrens, bei dem die LED-Spannung selbst als Referenzspannung benutzt werden. Alle LED's (zur Vereinfachung sind nur fünf eingezeichnet) liegen in Reihe und über einen Vorwiderstand R am Pluspol der Speisespannung. Parallel zu jeder LED liegen die „Kontakte" eines elektronischen Schalters. Bild 7 unterscheidet sich von Bild 6 insbesondere dadurch, daß die Schalter im Ruhezustand geschlossen sind; sie liegen ja jetzt parallel zu den LED's, nicht mehr in Reihe.
Der Strom vom Pluspol nach Masse könnte auf zwei Wegen fließen: über die Schalter oder über die LED's. Er tut etwas sehr Natürliches: Er wählt den Weg des geringsten Widerstandes, und der führt über die geschlossenen Schalter (Widerstand Null), und zwar so: R, S5, S4, S3, S2, und D1. Die LED D1

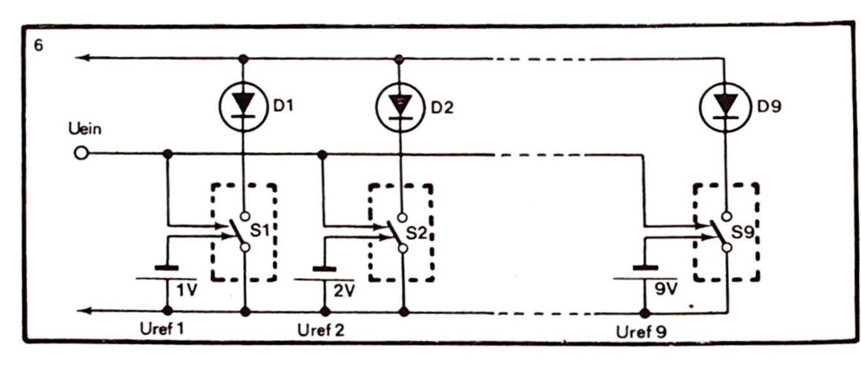


Bild 6. Prinzipschaltung eines LED-VU-Meters. Die LED's werden einzeln von Schaltern gesteuert; diese Schalter sind „Komparatoren" (Vergleicher), sie schalten, wenn die Steuerspannung am Eingang eine bestimmte, vorgegebene Referenzspannung überschreitet.

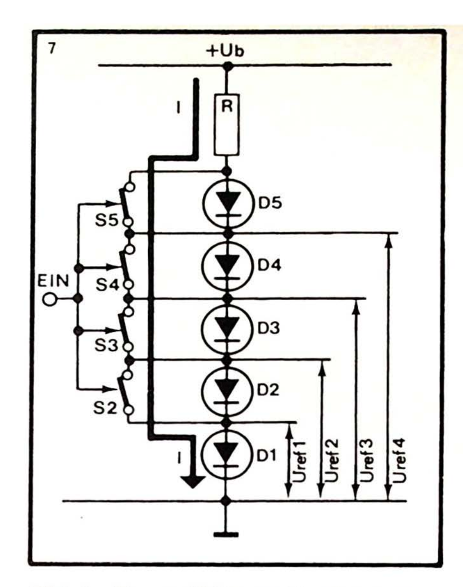


Bild 7. Ein zweifellos recht gelungenes Verfahren zur Erzeugung der verschiedenen Referenzspannungen. Wenn alle Schalter geschlossen sind, leuchtet nur die untere LED.

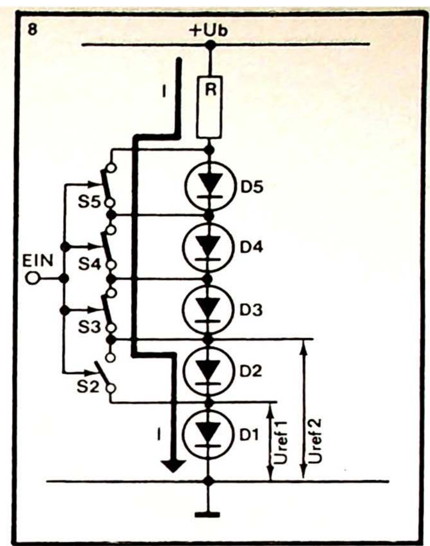


Bild 8. Wenn die Eingangsspannung größer ist als die erste Referenzspannung Uref1, öffnet Schalter S2, die LED D2 leuchtet auf und erzeugt die zweite Referenzspannung Uref2.

leuchtet demnach.
Wenn durch eine LED soviel Strom fließt, daß sie leuchtet, beträgt die Spannung Uref über ihren Anschlüssen 1,7 Volt. Diese Spannung dient als Referenzspannung für den elektronischen Schalter S2: Bei einer Eingangsspannung über 1,7 Volt schließt S2. Was dann passiert, zeigt Bild 8. Der Strom muß nun zwangsläufig auch durch D2 fließen.
Über den beiden Anschlüssen der leuchtenden LED D2 steht nun ebenfalls die Spannung 1,7 Volt. Von Masse aus gesehen, liegen die beiden Spannungen in Reihe, da auch die beiden LED's D1 und D2 in Reihe liegen; die Spannungen addieren sich. Uref2 in Bild 8 beträgt demnach:
2 x 1,7 Volt = 3,4 Volt.
Dies ist die Referenzspannung für,den elektronischen Schalter S3; er öffnet, sobald die Referenzspannung auf 3,4 Volt und darüber ansteigt. Die LED D3 leuchtet nun, denn der Strom ist jetzt gezwungen, durch diesen Halbleiter zu fließen. Zwischen dem oberen Anschluß von D3 (Anode) und Masse steht nun die Spannung:
3 x 1,7 Volt = 5,1 Volt als Referenzspannung für den elektronischen Schalter S4.

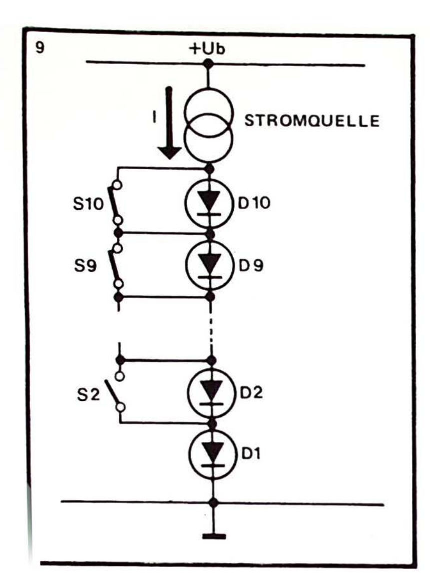


Bild 9. Wenn der LED-Kreis von einer Stromquelle gespeist wird, ist die Leuchtintensität der LED's unabhängig von der Aussteuerung.

Dieses System funktioniert trotz (oder wegen?) seiner Einfachheit hervorragend. Ein wichtiger Punkt darf jedoch nicht übersehen werden: Die obige Beschreibung gilt nur dann, wenn der Strom I, der von Plus durch das System nach Masse fließt, immer derselbe ist, also unabhängig von der Zahl der „eingeschalteten" LED's. Diese Konstanzbedingung ist nicht erfüllt.

Der Strom I ergibt sich aus der Spannung über dem Widerstand R und dem Wert dieses Widerstandes. Dieser Wert ist zwar konstant, nicht jedoch die Spannung: Sie errechnet sich aus der Speisespannung Ub, vermindert um die Spannung über den leuchtenden LED's. Die Zahl der leuchtenden LED's ist nicht konstant, sondern hängt von der Aussteuerung ab, von der Stärke des Eingangssignals. Je mehr LED's leuchten, um so mehr Spannung beanspruchen sie, um so kleiner ist deshalb der Anteil der Speisespannung, der auf den Widerstand R entfällt, und um so kleiner ist deshalb auch der Strom I.

Der kleinere Strom führt zu geringerer Lichtleistung der LED's. Je mehr LED's eingeschaltet sind, um so schwächer leuchtet die einzelne LED; wenn alle Schalter geöffnet sind, ist das Leuchten der LED's möglicherweise kaum noch zu sehen. Verringert man den Widerstand R, dann nehmen Strom und Leuchtintensität zu, aber es kann dann passieren, daß bei geringer Signalstärke, wenn nur die LED D1 gesteuert wird, der Strom zu hoch ist und die LED D1 zerstört. Ganz unabhängig von diesem konkreten Mangel der Schaltung wäre es sowieso sehr unschön, wenn die Leuchtkraft der LED's aussteuerungsabhängig wäre.

Deshalb muß eine Maßnahme getroffen werden, die für einen aussteuerungsunabhängigen Ledstrom sorgt. Genau das Richtige für diesen Fall ist eine Konstantstromquelle. Eine solche Schaltung speist einen angeschlossenen „Verbraucher", also z.B. den LED-Stromkreis, mit konstantem Strom. Wie hoch dieser Strom tatsächlich ist, hängt nicht von den Eigenschaften des Verbrauchers, sondern von Maßnahmen in der Konstantstromquelle ab. Selbstverständlich richtet sich die Einstellung der Konstantstromquelle nach dem Strombedarf des Verbrauchers.

Wie Bild 9 zeigt, liegt die Konstantstromquelle anstelle des Vorwiderstandes R (Bild 7 und 8) in der Schaltung.

DIE KONSTANTSTROMQUELLE

Was Bild 10 zeigt, ist bereits eine voll-

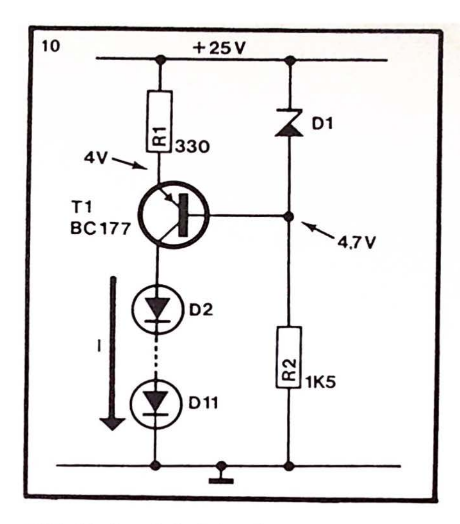


Bild 10. So einfach ist die Schaltung einer elektronischen Stromquelle. Der Zenerdiode D1 kommt eine entscheidende Bedeutung zu.

ständige Konstantstromquelle. Genaugenommen gehören die LED's D2 bis D11 nicht in dieses Bild; sie stellen den Verbraucher dar, der von der Stromquelle gespeist wird.

Der Begriff Konstantstromquelle ist eigentlich nicht ganz korrekt. Als Quellen elektrischer Energie gibt es Spannungs- und Stromquellen. Die weitaus häufigsten sind die Spannungsquellen, sie liefern, wie z.B. ein Akku oder eine Batterie, eine Spannung, die (idealisiert) unabhängig vom entnommenen Strom, also konstant ist. Trotzdem spricht man nicht von Konstantspannungsquellen, sondern einfach von Spannungsquellen, weil diese Bezeichnung bereits zum Ausdruck bringt, daß eine solche Quelle eine Spannung „zur Verfügung stellt". Konsequenterweise kann der Zusatz „Konstant-" auch bei Stromquellen entfallen. Stromquellen liefern - innerhalb der Grenzen, in denen sie als solche brauchbar sind - einen konstanten Strom an einen Verbraucher (Widerstand), so daß die Spannung, die sich am Verbraucher (und damit auch an den Klemmen der Stromquelle) einstellt, vom Widerstandswert abhängt!

Die elektronische Stromquelle in Bild 10 funktioniert wie folgt: Vom Pluspol fließt durch die Zenerdiode D1 und den Widerstand R2 ein Strom nach Masse. An der Zenerdiode, hier eine 4,7 Volt-Ausführung, steht eine konstante Spannung. Die in Bild 10 eingetragenen Spannungswerte sind - abweichend von der üblichen Meßart - nicht gegen Masse, sondern gegen den Pluspol gemessen. Parallel zu der Zenerdiode liegt die Serienschaltung aus: Basis-Emitter-Diode von Transistor T1 und Widerstand R1. Die Spannung von 4,7 Volt über D1 verteilt sich auf die genannte Reihenschaltung. Da an der BE-Diode des Siliziumtransistors 0,7 Volt abfallen, bleiben für den Widerstand R1 4,0 Volt übrig. Diese Spannung und der Widerstandswert bestimmen zusammen den Strom I, der durch den Widerstand, die Emitter-Kollektor-Strecke des Transistors und weiter durch die LED's D2 bis D11 fließt.

Solange man den Widerstand R1 und den Spannungswert der Zenerdiode nicht ändert, ist der Strom immer
4 Volt: 330 Ohm, egal, ob der Kollektor von T1 direkt an Masse liegt, oder über 10 LED's oder über irgendeinen Widerstand (bis zu einem bestimmten, maximalen Widerstandswert). Die Spannung zwischen Kollektor und Masse (das sind die beiden „Klemmen" der Stromquelle) ist um so höher, je höher der Widerstand des angeschlossenen Verbrauchers ist - wie es sich für eine Stromquelle gehört.

Wenn alle 10 LED's leuchten, beanspruchen sie

10 x 1,7 Volt = 17 Volt. Rechnet man die 4 Volt über R1 hinzu, plus einige Volt Sicherheit, kommt man auf die Speisespannung von 25 Volt. Der Entwickler hat sich also etwas dabei gedacht, als er die Speisespannung auf diesen Wert festlegte. Wo bleibt aber die Spannung, die „zuviel" ist? Sie steht zwischen Emitter und Kollektor („über dem Transistor") und hat, wenn z.B. 5 LED's leuchten, den Wert

25 - (5 x 1,7) - 4 = 12,5 Volt

Die Stromquelle hat noch einen bisher nicht erwähnten Vorteil: Sie ist stromstabilisiert auch gegen Schwankungen der Speisespannung. Nimmt die Speisespannung aus irgendeinem Grunde ab, so fließt über R2 zwar ein geringerer Strom zur Zenerdiode, die Zenerspannung ändert sich aber (fast) nicht.

Da die BE-Schwellenspannung des Transistors als Materialkonstante des Siliziums unverändert 0,7 Volt beträgt, entfällt auf den Widerstand R1 nach wie vor 4 Volt, der Strom bleibt konstant; man spricht übrigens auch von „eingeprägtem Strom".

DER ELEKTRONISCHE SCHALTER

Bisher wurden die elektronischen Schalter der LED-Steuerung als mechanische Kontakte dargestellt, die bei Aussteuerung Null alle LED's kurzschließen. Ein leitender Transistor kann als Kurzschluß für ein zwischen Kollektor und Emitter angeschlossenes Bauelement angesehen werden. In Bild 11 sind alle LED's D2 bis D11 eingezeichnet. 9 PNP-Transistoren bilden die Kurzschlußschalter zu den LED's D2 bis D10; LED D11 hat keinen solchen Schalter, sie leuchtet bei eingeschalteter Speisespannung und erzeugt die erste Referenzspannung.

Ein PNP-Transistor leitet, wenn seine Basis negativ gegenüber dem Emitter ist. In Bild 11 ist diese Bedingung für alle Transistoren erfüllt, solange am Eingang der Schaltung, Punkt A, keine Spannung anliegt. Die

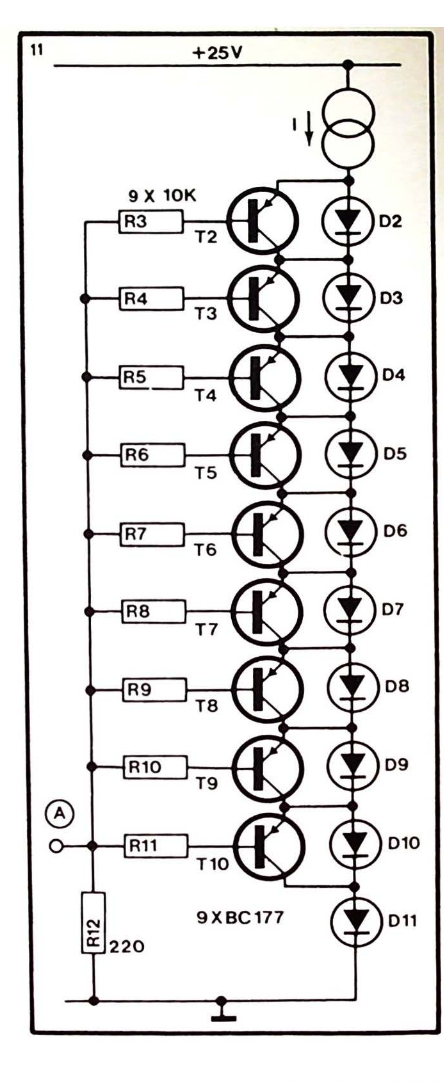


Bild 11. Transistoren als elektronische Schalter für die LED's, die nicht nur leuchten, sondern auch die Referenzspannung erzeugen.

Basisanschlüsse aller Transistoren liegen über je einen 10 Kiloohm-Widerstand (R3 bis R11) und einen gemeinsamen Widerstand R12 an Masse (= Minus) und ziehen Basisstrom, so daß alle Transistoren leiten.

Die Konstantstromquelle liefert für alle Transistoren den Basisstrom, der durch die BE-Dioden der Transistoren fließt. Außerdem liefert die Quelle den viel größeren Strom, der durch die in Reihe geschalteten Emitter-Kollektor-Strecken der Transistoren und schließlich durch die LED D11 nach Masse fließt. Es leuchtet daher nur die LED D11, weil jeder Transistor leitet und „seine" LED kurzschließt.

Die Spannung über der LED D11 beträgt 1,7 Volt, sie ist die Referenzspannung für den ersten elektronischen Schalter T10. Da der Transistor leitet, liegt auch der Emitter auf dieser Spannung. Ganz exakt stimmt diese Aussage nicht, weil die Spannung zwischen Kollektor und Emitter eines leitenden Transistors nicht ganz Null Volt ist; diese Tatsache hat hier aber keine prinzipielle Bedeutung und kann außer Acht gelassen werden. Die Emitterspannung von T10 beträgt daher 1,7 Volt, die Basisspannung ist um die Schwellenspannung der Basis-Emitter-Diode negativer, sie ist 1 Volt.

Legt man nun auf den Eingang eine positive Spannung, die, beginnend bei Null Volt, langsam ansteigt, so passiert zunächst nichts. Sobald die Eingangsspannung über den Wert 1 Volt ansteigt, beginnt Transistor T10 zu sperren, weil die Differenz zwischen Emitter- und Basisspannung auf unter 0,7 Volt absinkt. Es fließt immer weniger Basisstrom, und auch die Leitfähigkeit der Kollektor-Emitter-Strecke nimmt ab: Der „Schalter" T10 öffnet, der Kurzschluß über der LED D10 verschwindet und der Strom, der vorher vom Kollektor von T9 über T10 und D11 nach Masse fließen konnte, fließt nun zwangsweise über D10 und D11 nach Masse. LED D10 leuchtet jetzt, zwischen ihren Anschlüssen steht die Spannung 1,7 Volt.
Die Summenspannung der beiden leitenden LED-Dioden, 3,4 Volt, steht nun am oberen Anschluß von D10 und wird, über den noch leitenden Transistor T9, auch an dessen Emitter wirksam. Steigt die Eingangsspannung weiter, bis an der Basis von T9 der Wert 3,4 Volt - 0,7 Volt erreicht ist, so beginnt auch T9 zu sperren und LED D9 zu leuchten.
Mit zunehmender Eingangsspannung steigt die Zahl der leuchtenden LED's, damit ist die Grund-Voraussetzung eines LED-VU-Meters erfüllt.
Allerdings hat eine solche Schaltung einige weniger schöne Eigenschaften.
Wie eine einfache Berechnung zeigt, schließt der zehnte Transsistor T2 erst bei einer Eingangsspannung von ca. 17 Volt. Das relativ schwache NF-Signal, das zur Steuerung des VU-Meters dient und in der Größenordnung von 0,1 Volt liegt, muß erheblich verstärkt werden.

Der Widerstand R12, der zwischen den gemeinsamen Basiswiderständen und Masse liegt, darf nicht zu hoch bemessen werden. Die Basisströme aller neun Transistoren fließen über diesen Widerstand. Zwar ist der Basisstrom eines einzelnen Transistors ziemlich klein, die Summe von neun Basisströmen fällt aber bereits stärker ins Gewicht, so daß dieser Summenstrom an R12 einen nicht zu vernachlässigenden Spannungsabfall erzeugt. Wenn R12 einen zu hohen Wert hat, kann es passieren, daß einige der unteren Schalttransistoren dauernd sperren und die dazugehörigen LED's, z.B. D9 und D10, ständig leuchten. Experimente haben gezeigt, daß der Widerstandswert maximal 220 Ohm betragen darf. Diese letzte Forderung, für sich betrachtet, ist nichts Besonderes, aber im vorletzten Absatz hieß es, daß die Eingangsspannung ca. 17 Volt betragen muß. Diese relativ hohe Spannung liegt an einem ziemlich kleinen

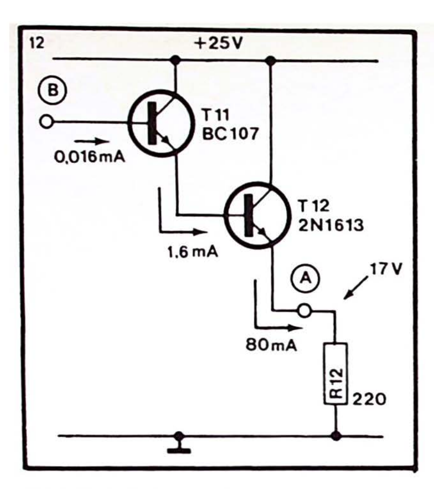


Bild 12. Bei einer Darlingtonstufe multiplizieren sich die Stromverstärkungsfaktoren der beiden Transistoren im Darlington. Der niedrige Eingangsstrom belastet die vorgeschaltete Signalquelle nur gering, während der zweite Transistor einen relativ hohen Strom durch den niedrigen Lastwiderstand im Emitter treiben kann.

Widerstand; das bedeutet, daß ein recht großer Strom durch diesen Widerstand fließt, wenn das Eingangssignal seinen maximalen Wert hat.

Die übliche Gleichrichterschaltung in VU-Metern ist bei weitem nicht in der Lage, diesen Strom zu liefern. Mit anderen Worten: Zwischen Gleichrichter und LED-Schaltung muß eine zusätzliche Stufe zwischengeschaltet werden, die 1. einen hohen Eingangswiderstand aufweisen muß, damit der Gleichrichter nicht zu stark belastet wird, und 2. einen niedrigen Ausgangswiderstand, nämlich die 220 Ohm des R12. Der folgende Abschnitt beschreibt diese Stufe.

DIE DARLINGTONSTUFE

Die Ausdrücke: hoher Eingangswiderstand und: niedriger Ausgangswiderstand dürften manchem geläufig sein. Eine typische Eintransistorschaltung mit diesen Eigenschaften ist der „Emitterfolger", bei dem der Kollektor des Transistors unmittelbar an der Speiseleitung, der Lastwiderstand in der Emitterleitung liegt. Der Emitterfolger wird auch als „Impedanz- (Widerstands-) wandler" bezeichnet. Bei einem Einzeltransistor als Emitterfolger ist das Wandlerverhältnis zwischen Ein- und Ausgangswiderstand nicht so groß, daß es in allen Fällen ausreicht.

Bei einem Darlington sind zwei Emitterfolger hintereinandergeschaltet; die beiden Widerstandsverhältnisse multiplizieren sich. Bild 12 zeigt diese Schaltung. Transistor T12 ist der bereits erwähnte Emitterfolger. Seine Basis wird unmittelbar von T11 gesteuert. Den Vorteil dieser Schaltung erläutert das folgende Rechenbeispiel. Soll über einem Widerstand von 220 Ohm (R12) eine Spannung von 17 Volt abfallen, so muß ein Strom von ca. 80 Milliampere durch den Widerstand fließen (Ohmsches Gesetz). Das ist für Transistorstufen ein ziemlich hoher Wert. Wird der Verstärkungsfaktor des Transistors T12 (Typ 2N1613) bei diesem Stromwert mit 50 angenommen, so muß T12 mit

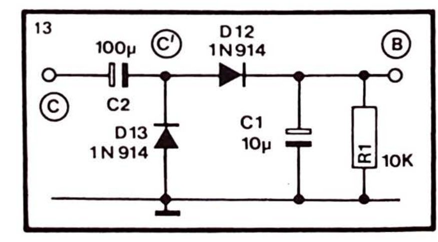


Bild 13. Der Gleichrichter mit Klemmkreis (Spannungsverdopplerschaltung) ist das Kernstück eines VU-Meters.

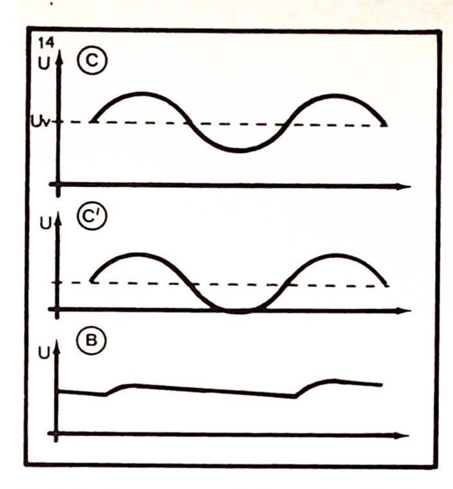


Bild 14. Spannungsverläufe an den Schaltungspunkten.

einem Basisstrom von
80 Milliampere : 50 = 1,6 Milliampere
gesteuert werden. Der Basisstrom von T2 ist gleichzeitig der Kollektorstrom von T11. Nimmt man für T11 einen minimalen Verstärkungsfaktor von 100 an, so muß in die Basis von T11 der Strom 0,016 Milliampere fließen. Dieser Wert ist so niedrig, daß der Gleichrichter diesen Strom ohne weiteres liefern kann.

DER GLEICHRICHTER

Der Gleichrichter (Bild 13) ist die „typische" Funktionseinheit in einem VU-Meter. Auf den Eingang (Punkt C der Schaltung) gelangt das bereits verstärkte Meßsignal, Punkt C ist also nicht der Eingang des gesamten Gerätes.

Der Gleichrichter hat die Aufgabe, aus der zu messenden Wechselspannung eine proportionale, im Übrigen möglichst hohe Gleichspannung zu erzeugen. Dies geschieht hier in zwei Etappen.

Wie aus der Beschreibung des Verstärkers im nächsten Abschnitt hervorgeht, ist die Wechselspannung am Ausgang des Verstärkers einer Gleichspannung überlagert; der Ausgang liegt im Ruhezustand (ohne Signal) auf Gleichspannung, und zwar auf dem halben Potential der Speisespannung. Diese Gleichspannung darf nicht auf den Gleichrichter gelangen, deshalb liegt der Trennkondensator C2 im Eingang. Dieser Einfluß zeigt sich in Bild 14 am Unterscheid der Darstellungen oben und Mitte.

Daß die Wechselspannung in Bild 14 Mitte

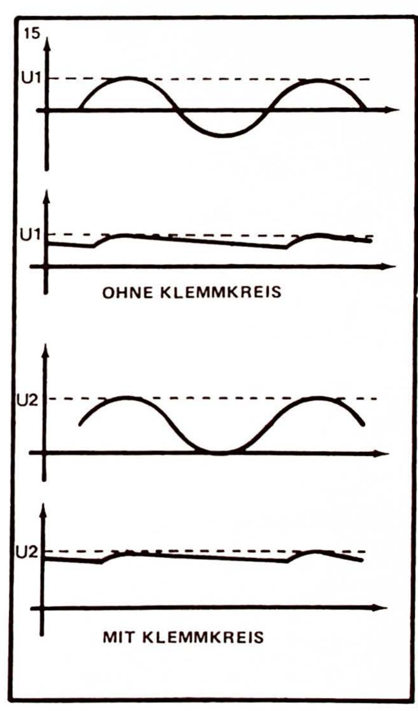
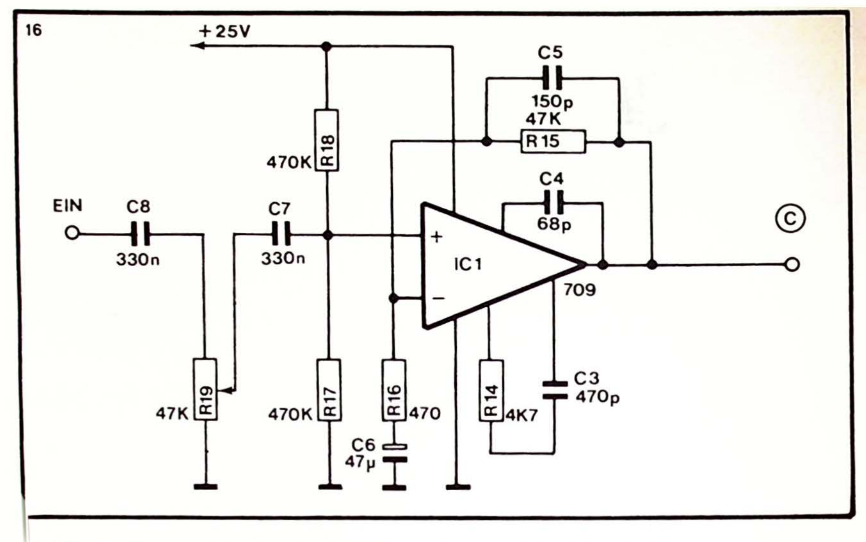


Bild 15. Der Einfluß des Klemmkreises.



ild 16. *Der Vorverstärker ist mit einem Operationsverstärker-IC aufgebaut.*

nicht symmetrisch zur Nullinie liegt, ist auf den Einfluß der Klemmdiode D13 zurückzuführen. Während der negativen Halbwelle des Eingangssignals leitet die Diode D13; der rechte Belag des Kondensators (C') wird dabei positiv. Die folgende positive Halbwelle überlagert sich der bereits vorhandenen Kondensatorspannung. D13 sperrt in dieser Phase, während D12 leitet und den Elko C1 auflädt.

Zu beachten: In Bild 14 liegt die gestrichelte Nullinie fest, sie markiert die Höhe der Gleichspannung am Verstärkerausgang und ist von der Signalamplitude unabhängig. In Bild 14 Mitte liegt die Nullinie um so höher, je größer die Signalamplitude ist. Ohne Signal ist die Spannung an C' tatsächlich Null (Proportional - Bedingung!).

Bild 14 zeigt die Spannung am Elko C1, dies ist gleichzeitig die Ausgangsspannung des Gleichrichters (B). Sie ist proportional zur Eingangswechselspannung.

In Bild 15 ist der Einfluß des Klemmkreises dargestellt. Ohne diese Maßnahme liegt die Wechselspannung symmetrisch zum Nullpunkt (Masse); nur die positive Halbwelle kann vom Gleichrichter verwertet werden. Mit Klemmkreis ist die Ausgangsspannung doppelt so hoch.

DER VERSTÄRKER

Die Steuerspannung für das LED-System muß, wie bereits erwähnt, 17 Volt betragen. Hinzuzurechnen sind noch Spannungsverluste über leitenden Dioden und Transistoren, so daß die vom Verstärker zu liefernde Wechselspannung mit ca. 20 Volt „Spitze-Spitze" zu veranschlagen ist. Der Gleichrichter ist ein „Spitzengleichrichter", bei dem die erzeugte Gleichspannung dem Spitzenwert der

Wechselspannung entspricht; außerdem werden beide Halbwellen der Wechselspannung verwertet (die beiden Werte U2 in Bild 15, untere Hälfte), sind gleich. Der erforderliche hohe Verstärkungsfaktor sowie die Tatsache, daß für manche gängige Transistortypen 25 Volt recht viel ist, sind Grund genug, den Verstärker mit einem Operationsverstärker-IC auszuführen (Bild 16).

Die Schaltung ist nichtinvertierend; das zu verstärkende Signal liegt über Koppelkondensator C8, das Potentiometer R19 und einen weiteren Koppelkondensator C7 am positiven Eingang des ICs (Beiträge zu Operationsverstärkern sind in Vorbereitung).
Der positive, nichtinvertierende Eingang ist gleichspannungsmäßig mit dem aus gleichgroßen Widerständen aufgebauten Spannungsteiler R17/R18 auf die Hälfte der Speisespannung eingestellt. Das Ruhepotential am Ausgang hat „automatisch" denselben Wert, der Ausgang kann also symmetrisch zwischen dem Potential der Speisespannung und Masse ausgesteuert werden.
Das Verhältnis von R15 (im Gegenkopplungszweig) zu R16 bestimmt den Verstärkungsfaktor der Schaltung; mit den eingetragenen Werten beträgt er 100. Kondensator C6 sperrt den Spannungsteiler R15/R16 gleichstrommäßig gegen Masse, dies bedeutet volle Gleichspannungsgegenkopplung über R15.

Die Bauelemente C3, C4, C5 und R14 beeinflussen den Frequenzgang des Verstärkungsfaktors, insbesondere begrenzen sie die Bandbreite, um Schwingneigung zu unterdrücken.
Mit R19 wird, ähnlich wie mit einem Lautstärkeeinsteller, die Empfindlichkeit der Schaltung auf die vorhandene Grund-„Lautstärke"der Signalquelle eingestellt.
Da das IC ähnlich beschaltet ist wie das in dem Beitrag „Leistungsverstärker mit Hybrid-ICs" in P.E. Nr. 3, sei hier auf die sehr ausführliche Erläuterung in dem genannten Beitrag hingewiesen.

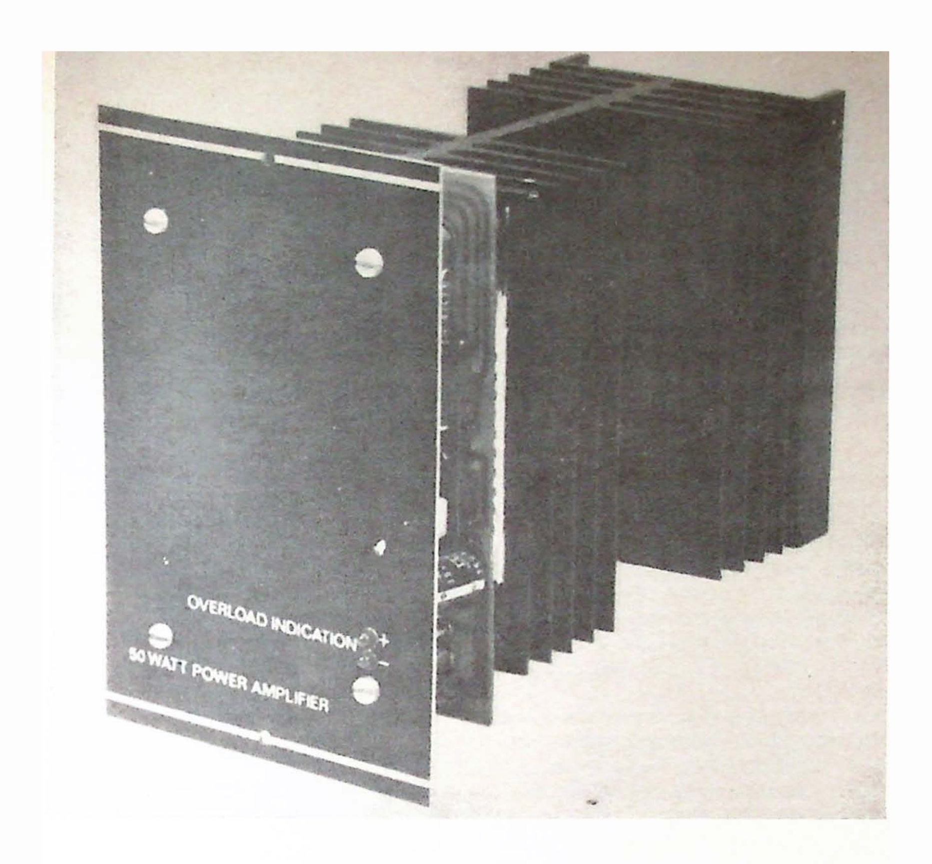
50 Watt-Modul im Test

Bedeutung und Aussagewert der Spezifikationen

Wie werden sie gemessen?

Wer sich die technischen Daten von Endverstärkern ansieht, sei es in Hersteller-Prospekten oder in Testberichten einschlägiger Zeitschriften, stößt auf zahlreiche Fachausdrücke, die dazu dienen (sollen), die Eigenschaften, insbesondere die Qualität der Geräte, zahlenmäßig in den Griff zu bekommen. Bandbreite, Klirrfaktor, Dämpfungsfaktor, Signal/Rausch-Verhältnis - das ist nur eine Auswahl aus dem Reservoir der Begriffe, die zwar selbst (als Meßvorschrift) haargenau definiert sind, deren Aussagewert aber noch immer umstritten ist.
Der weniger sachkundige Leser ist den Testherren hörig, er muß sich dem Urteil des Autors oder des Testlabors anschließen, weil ihm eigene Bewertungsmaßstäbe fehlen. Das ist schon deswegen ein unerfreulicher Zustand, weil Tester allzu leicht in den Promillerausch geraten, wenn ein neuer Verstärker wieder einen um 0,01 % geringeren Klirrfaktor hat als der vorige, der doch bereits als der Welt bester gegolten hatte.
Bei klarer Sicht der Dinge ist ausdrücklich festzustellen, daß es für den durchschnittlichen Besitzer oder potentiellen Käufer eines Verstärkers keinen Unterschied macht, ob der Klirrfaktor 0,01% oder 0,05% beträgt.
Obwohl P.E. keine typische HiFi-Zeitschrift ist, scheint es zweckmäßig, die Meßverfahren für die wichtigsten Verstärkerdaten zu erläutern und dabei gleichzeitig darauf einzugehen, was diese Daten besagen, damit jeder für sich ausmachen kann, welches Gewicht er einer bestimmten Verstärkereigenschaft beimessen will.
Als Beispiel eines Endverstärkers wurde das in der vorigen Ausgabe beschriebene „50-Watt-Modul" gewählt.

Ein Leistungsverstärker soll ein NF-Signal so aufbereiten, daß es zur Steuerung eines Lautsprechers geeignet ist. Das Signal kommt nicht unmittelbar aus der ursprünglichen Signalquelle, sondern von einem Vorverstärker, der das von einem Mikrofon, Tuner oder Tonträger gelieferte Signal beeinflußt. Die in dem Vorverstärker enthaltene Elektronik dient überwiegend zur Einstellung des Frequenzgangs (Klangeinsteller, Rauschfilter usw.), also zur Über- oder Unterbewertung kritischer Bereiche des Frequenzspektrums. Vom Endverstärker wird erwartet, daß er keinen weiteren Einfluß auf das Signal ausübt, er darf nichts hinzufügen oder wegnehmen. Es gibt keinen Verstärker, der diese Forderung hundertprozentig erfüllt; jeder Verstärker fügt dem Signal Fremdanteile in Form von Verzerrungen, Rausch- und Brummspannungen hinzu, beschneidet den



Frequenzgang u.a.m. Nach dem Grad dieser Einflüsse ist die Qualität des Verstärkers zu beurteilen: je weniger, desto besser.
Die verschiedenen Einflüsse müssen getrennt gemessen, aber zur qualitativen Beurteilung zusammen gesehen werden. Die Mängel eines Gerätes wirken sich nicht gleichermaßen störend aus; auch das ist bei der Beurteilung zu berücksichtigen.
Bei den nachfolgend besprochenen Meßverfahren dient jeweils das 50 Watt-Modul als Beispiel.

DIE BANDBREITE

Bei periodischen Vorgängen spricht man von Schwingungen, in der Optik, in der Akustik und auch in der Elektronik. Je schneller die Perioden aufeinander folgen, um so höher ist die „Frequenz" des Vorgangs. Für die Anzahl der Perioden oder Vollschwingungen je

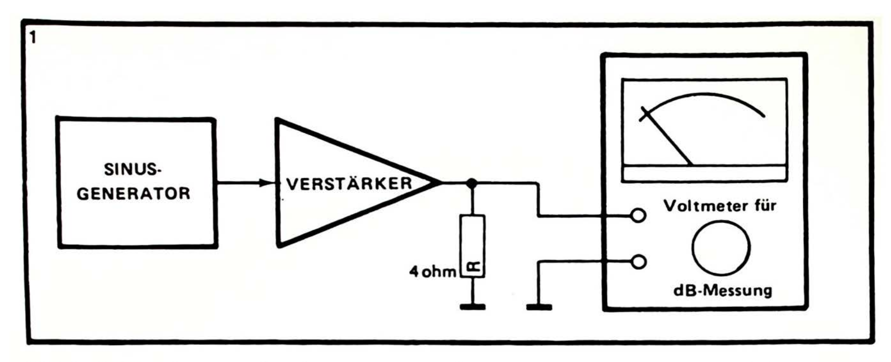


Bild 1. Meßanordnung zur Bestimmung der Bandbreite. Der Sinusgenerator muß im gesamten Frequenzbereich eine konstante Ausgangsspannung haben.

ekunde hat man die Maßeinheit „1 Hertz" ewählt. Das menschliche Ohr kann Schallschwingungen im Bereich von ca. 16 Hertz (ca. 16 Schwingungen pro Sekunde) und 20 Kilohertz (20.000 Hertz) wahrnehmen. Statt von „Schallfrequenz" spricht man meist von „Tonhöhe".

Nun ist es keineswegs so, daß der Schall, den Schallquellen mit eindeutig bestimmbarer Tonhöhe erzeugen (Musikinstrumente), nur aus Schwingungen dieser einen Frequenz besteht. Bei einer Geige z.B. verformt sich die zum Schwingen angeregte Saite so, daß außer der Grundschwingung (Grundton) auch höherfrequente Schwingungen (Oberwellen) entstehen, die sich ebenfalls auf die umgebende Luft übertragen und als „Obertöne" hörbar werden. Die Lautstärken der einzelnen Obertöne im Verhältnis zur Lautstärke des Grundtons bestimmen den Klangcharakter des Instrumentes.

Ein Mikrofon wandelt die akustischen Schwingungen in elektrische; das dabei entstehende Wechselspannungssignal gelangt am Ende einer Übertragungskette auf den Verstärker, der einen der Signalspannung entsprechenden Strom durch den Lautsprecher treibt.

Der Verstärker darf nicht „eigenmächtig" das Verhältnis zwischen den Obertonlautstärken und der Grundtonlautstärke ändern, sonst wird der Klangcharakter des Instrumentes verfälscht. Da in der Musik, insbesondere in der klassischen, der gesamte hörbare Bereich genutzt wird, muß der Verstärker zwischen ca. 20 Hertz und 20 Kilohertz einen konstanten Verstärkungsfaktor besitzen, damit nicht irgendwelche Tonhöhenbereiche über- oder unterbewertet werden.

Den Frequenzbereich, in dem der Verstärkungsfaktor konstant ist oder die Grenzen eines vorgegebenen Toleranzbereiches nicht überschreitet, bezeichnet man als Bandbreite. Wie wird sie gemessen?

Auf den Eingang des Verstärkers gibt man eine Meß-Wechselspannung, deren Frequenz schrittweise oder kontinuierlich geändert wird. Am Verstärkerausgang mißt man mit einem Voltmeter die Spannung. Da das Meßsignal im gesamten untersuchten Frequenzbereich immer dieselbe Spannung (Amplitude) hat, erzeugt ein Verstärker mit kon-

stantem Verstärkungsfaktor eine Ausgangsspannung mit einer bei allen Frequenzen gleichen Amplitude.
Diese Messung muß unter möglichst „naturgetreuen", praxisnahen Bedingungen erfolgen. Im Prinzip müßte demnach am Verstärkerausgang ein Lautsprecher angeschlossen sein. Um sein Gehör zu schonen, ersetzt der Tester den Lautsprecher durch einen Widerstand. Dieser muß denselben Wert wie der Lautsprecher haben; ist z.B. für den Verstärker ein 4 Ohm-Lautsprecher vorgeschrieben, so wird der Ausgang mit einem 4 Ohm-Leistungswiderstand abgeschlossen.
Bild 1 zeigt die Meßanordnung. Der Sinusgenerator liefert im hörbaren Bereich alle Frequenzen; für die Einstellung der Frequenzen besitzt das Gerät Bedienungselemente.

Die Ausgangsspannung des Sinusgenerators ist über den gesamten Frequenzbereich ausreichend konstant. Diese Spannung liegt am Verstärkereingang. Es ist selbstverständlich darauf zu achten, daß der Verstärker nicht übersteuert wird. Ist er z.B. mit einer Eingangsempfindlichkeit von 100 Millivolt für Vollaussteuerung (Nennleistung) angegeben, so darf man keine Spannung anlegen, die wesentlich höher ist.
Am Ausgang des Verstärkers liegt außer dem Lastwiderstand, der den Lautsprecher ersetzt, auch noch das Voltmeter.
Bezüglich der Messung der Ausgangsspannung muß zunächst eine Besonderheit des Verfahrens bemerkt und erklärt werden. Die Spannung wird nämlich nicht in Volt gemessen. Das wäre zwar möglich, ist aber nicht praktisch.

Ein Beispiel soll dies erläutern. Angenommen, die Messung habe bei den Frequenzen 100 Hertz, 1 Kilohertz und 10 Kilohertz, die Spannungswerte 8 Volt, 10 Volt und 7,5 Volt ergeben. Dann weiß man zwar, daß der Verstärker die Signale unterschiedlich verstärkt, man kann aber nicht beurteilen, in welchem Maße sich das im „Musik-Betrieb"

2

FREQUENZ	VERSTÄRKUNG
10 Hz	−5,0 dB
15 Hz	−3,0 dB
20 Hz	−1,5 dB
30 Hz	−0,5 dB
50 Hz	0 dB
100 Hz	0 dB
200 Hz	0 dB
500 Hz	0 dB
1 kHz	0 dB
2 kHz	0 dB
5 kHz	0 dB
10 kHz	−0,5 dB
15 kHz	−2,0 dB
20 kHz	−3,0 dB

Bild 2. Die Tabelle zeigt in der rechten Spalte die Abweichung des Verstärkungsfaktors von dem bei 1 Kilohertz gemessenen Wert.

bemerkbar macht.
Der „Frequenzgang" des Verstärkers wird deshalb in Dezibel gemessen (dB, sie dazu auch den Beitrag „Aussteuerungsmessung in dB" in dieser Ausgabe). Das Dezibel gibt das Verhältnis zweier Spannungswerte zueinander an.
In der Praxis geschieht die Messung so, daß zunächst eine Frequenz etwa in der Mitte des Hörbereiches eingestellt wird, in aller Regel 1 Kilohertz. Die Verstärkung bei dieser Frequenz ist die Normalverstärkung, man setzt sie mit Null dB gleich. Die Meßempfindlichkeit des Voltmeters stellt man so ein, daß auf der dB-Skala der Wert Null dB auch tatsächlich angezeigt wird. Daß dabei die Absoluteichung des Voltmeters verloren geht, stört nicht, da die dB-Messung ohnehin eine Relativmessung ist.

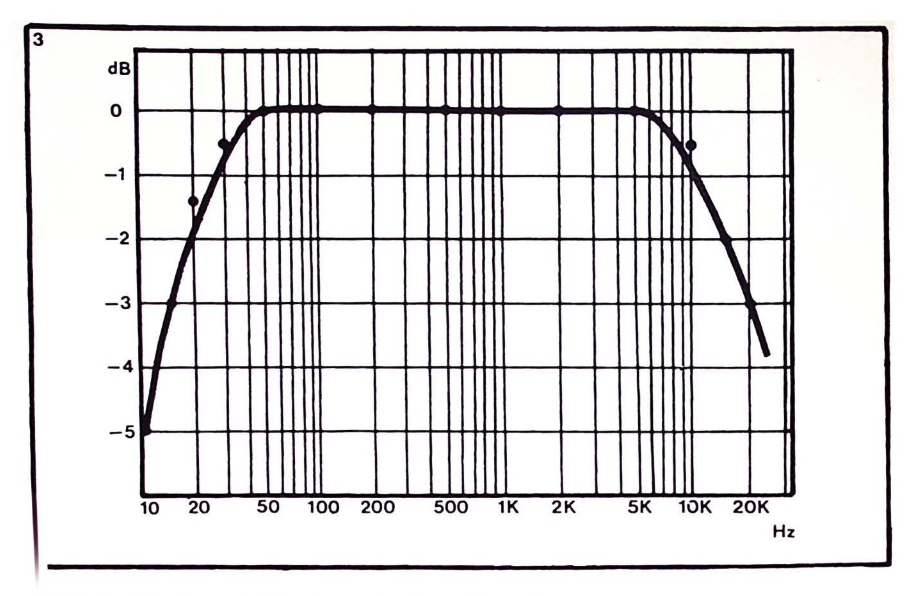


Bild 3. Die Tabelle nach Bild 2 in anschaulicher Darstellung.

Anschliessend fährt man mit dem Sinusgenerator den gesamten interessierenden Frequenzbereich durch und „nimmt Meßpunkte auf". Dabei werden selbstverständlich die Werte auf der dB-Skala abgelesen und in einer Wertetabelle festgehalten. Findet man bei der dB-Messung Werte über Null dB, so hat der Verstärker bei diesen Frequenzen einen höheren Verstärkungsfaktor als bei 1 Kilohertz; umgekehrt gilt natürlich dasselbe.

Lautstärkeunterschiede sind wahrnehmbar ab etwa 3 dB. Als Bandbreite eines Verstärkers ist deshalb der Frequenzbereich definiert, in dem die Abnahme des Verstärkungsfaktors nicht mehr als 3 dB beträgt.

Bild 2 zeigt eine Wertetabelle mit willkürlich gewählten Werten. Die 3 dB-Punkte liegen bei 15 Hertz und 20 Kilohertz. In den technischen Daten dieses Verstärkers würde das so aussehen:

Bandbreite: 15 Hz...20 kHz (-3 dB).

Bei der Darstellung der Bandbreite in Zahlen oder als Tabellen beläßt man es jedoch häufig nicht, denn die grafische Darstellung ist viel anschaulicher.

Bild 3 zeigt den Frequenzgang eines Verstärkers mit den in der Tabelle angegebenen Werten. Horizontal sind die Frequenzen aufgetragen, vertikal die Verstärkung in dB. Die Meßpunkte liegen auf dem Schnittpunkt zweier vorhandener oder gedachter Linien, nämlich einer vertikalen Linie, die die horizontale Achse bei der Meßfrequenz schneidet, und einer horizontalen Linie, die die vertikale Achse bei dem gemessenen dB-

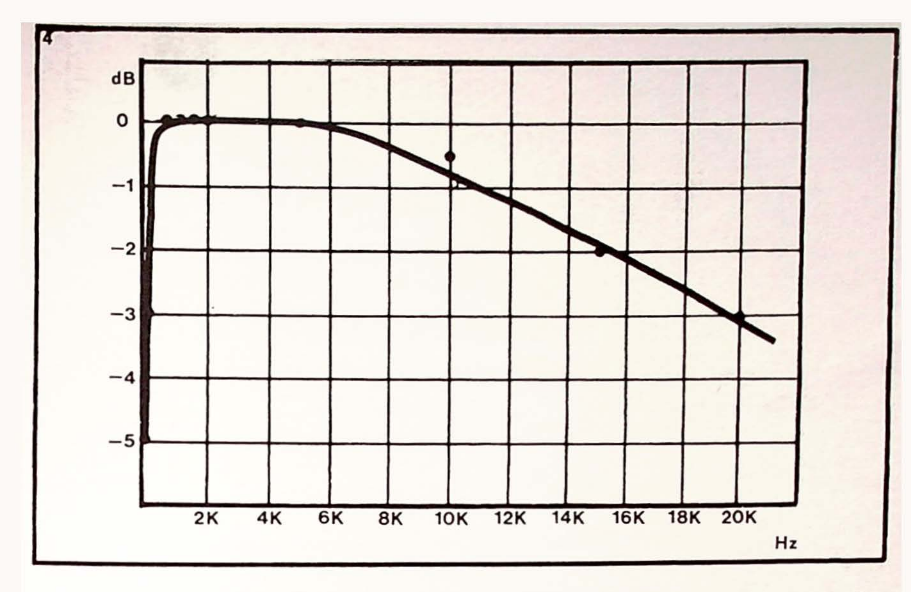


Bild 4. Die Tabelle 2 in grafischer Darstellung, jedoch mit linearer Frequenzskala. Der praktische Nutzen ist gleich Null, denn der interessierende Teil der Kurve verschwindet unscheinbar in einer Ecke.

Wert schneidet. So fällt z.B. beim Meßpunkt 30 Hertz/-0,5 dB die vertikale Linie mit einer vorhandenen Linie des Koordinatensystems zusammen; die horizontale Linie nach links zum 0,5 dB-Punkt auf der vertikalen Achse muß man sich dazudenken.
Sind alle Meßpunkte einer Tabelle in die Grafik eingetragen, so werden die Punkte durch eine möglichst „fließende" Linie miteinander verbunden. Der Vorteil dieser Darstellung: Die -3 dB-Punkte sind schnell zu entdecken, außerdem bekommt man einen anschaulichen Eindruck vom Verhalten des Verstärkers.
Auffallend ist die merkwürdige Einteilung der Frequenzskala. Sie ist nämlich nicht linear; so haben z.B. die Marken 10 Hertz und 100 Hertz denselben Abstand wie die Marken 100 Hertz und 1 Kilohertz, der normalerweise das Zehnfache betragen müßte. Diese sogenannte logarithmische Skala hat einen wesentlichen Vorzug. Dies beweist der Vergleich mit Bild 4, das diesselbe „Kurve" zeigt, aber mit einer linearen Frequenzskala. Der interessierende, wichtige Teil der Kurve erscheint hier so zusammengedrückt, daß man z.B. den 3 dB-Punkt nicht mehr vernünftig ablesen kann.
Die Bandbreite, in Datenblättern auch Übertragungsbereich genannt, hat heute nicht mehr die Bedeutung wie noch vor einigen Jahren, jedenfalls bei Endverstärkern nicht. Alle besseren Geräte engen den Übertragungsbereich nur in so geringem Maße ein, daß davon wirklich nichts zu merken ist. Dies gilt auch für das 50 Watt-Modul. Bild 5

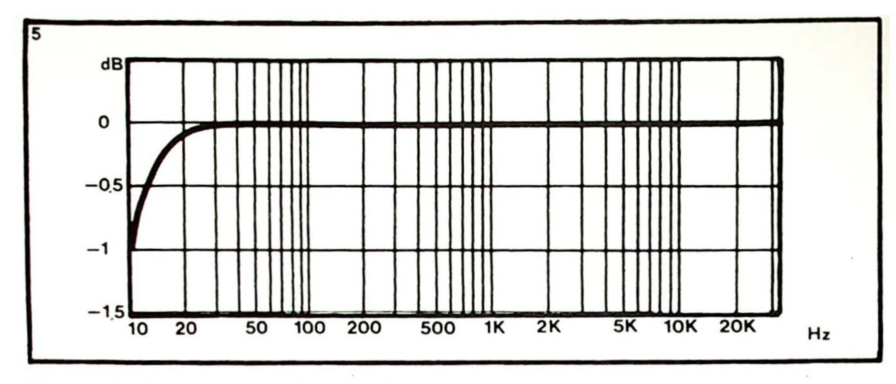


Bild 5. Die Übertragungskennlinie des 50 Watt-Moduls: Klasse.

zeigt den Frequenzgang, der auf die beschriebene Weise gemessen wurde. Im gesamten Frequenzbereich des vorhandenen Sinusgenerators (10 Hertz bis 30 Kilohertz) betrug der Verstärkungsabfall am niederfrequenten Bereichsende nur 1 dB.
Abschließend noch ein wichtiger Hinweis. Der Frequenzgang eines Verstärkers ist aussteuerungsabhängig. Je weiter man den Verstärker aussteuert, je höher also die Ausgangsspannung und damit der Ausgangsstrom und die dem Lautsprecher zugeführte Leistung sind, um so geringer ist die Bandbreite. Um trotzdem verschiedene Verstärker miteinander vergleichen zu können, wird bei Nennleistung gemessen. Dies ist immer die für den Verstärker angegebene Sinusleistung, nicht die Musikleistung.

DAS SIGNAL/RAUSCH-VERHÄLTNIS

Das S/N-Verhältnis (N von „noise" = Geräusch, Rauschen) ist nichts weiter als eine Zahl, und zwar eine in dB ausgedrückte Verhältniszahl, die eine Aussage darüber macht, in welchem Maße ein Verstärker eine bestimmte Art von Störspannung, nämlich eine Rauschspannung, dem zu verstärkenden Nutzsignal hinzufügt.
Wenn man einem Verstärker kein Signal zuführt, dann darf auch keins herauskommen. Trotzdem kommt etwas, das man aber bei sehr guten Verstärkern nur feststellen kann, wenn man mit dem Kopf in den Konus des Lautsprechers kriecht: das Rauschen. Wie Rauschen klingt, weiß jeder, der mal beim Fernsehen eingeschlafen ist und erst nach Sendeschluß wieder wach wurde.
Rauschspannungen entstehen durch bestimmte physikalische Prozesse in allen elektronischen Bauelementen. Schließt man z.B. einen Widerstand an die Klemmen einer Gleichspannungsquelle (Batterie) an, so steht über dem Widerstand nicht nur die Gleichspannung der Batterie, sondern auch eine sehr kleine Wechselspannung, die sich mit empfindlichen Meßgeräten nachweisen läßt. Die Rausch-Wechselspannung hat keine bestimmte Frequenz, sondern enthält innerhalb bestimmter Grenzen alle Frequenzen. Auch Halbleiter wie Dioden und besonders Transistoren zeigen Rauschen; gänzlich beseitigen läßt sich das Rauschen nicht. Durch

sorgfältiges Dimensionieren einer Schaltung kann man das Rauschen auf einen „unschädlichen" Anteil reduzieren. Das S/N-Verhältnis gibt an, wie groß dieser Anteil an dem gesamten Ausgangssignal eines Verstärkers ist. Dabei dient die bei Nennleistung des Verstärkers am Ausgang vorhandene Signalspannung als Bezugswert.

Die Messung geschieht wie folgt:

Am Verstärkereingang liegt ein Sinusgenerator; ein Widerstand dient als Last. Parallel zu diesem Lastwiderstand liegt ein Voltmeter für Wechselspannungen.

Die Amplitude des Eingangssignals (Normfrequenz für diese Messung: 1 Kilohertz) wird so eingestellt, daß im Lastwiderstand die Nennleistung erzeugt wird. Die Ausgangsspannung wird notiert.

Dann klemmt man den Sinusgenerator ab und mißt die Rauschspannung, also den Wert, den das Voltmeter jetzt anzeigt. Diese Messung bei offenem Verstärkereingang ist nicht ganz korrekt, weil im späteren Betrieb der Verstärkereingang aus einer niederohmigen Quelle gespeist wird. Genaugenommen müßte man deshalb bei der Messung der Rauschspannung einen Widerstand parallel zu den Eingangsklemmen schalten, der denselben Wert hat wie der Ausgangswiderstand der später im Betrieb angeschlossenen Signalquelle (Vorverstärker). Der Eingangswiderstand des Endverstärkers selbst ist jedoch bereits relativ niedrig, so daß die Messung bei offenem Eingang zulässig ist, zumal als Rauschspannung eher ein zu hoher Wert gemessen wird, das tatsächliche S/N-Verhältnis also besser als gemessen ist.

Das Verhältnis der beiden gemessenen Spannungswerte rechnet man nach Dezibel um; die gefundene Zahl ist das S/N-Verhältnis.

Für das 50 Watt-Modul ergeben sich folgende Zahlen:

Der Verstärker erzeugt in einem 4 Ohm-Widerstand eine Leistung von 50 Watt. Nach der Leistungsformel aus der Elektrizitätslehre gilt:

$$U^2 = P \cdot R$$

oder

$$U = \sqrt{P \cdot R}$$

Mit den Werten des 50 Watt-Moduls:

$$U = \quad 50 \cdot 4 \text{ Volt}$$

$$= \sqrt{200} = 14{,}14 \text{ Volt}$$

Als Rauschspannung wurde eine Wert von 0,26 Millivolt gemessen.

Das Signal/Rausch-Verhältnis hat den Wert

$$\frac{14{,}14 \text{ Volt}}{0{,}26 \text{ Millivolt}} = 5{,}44 \cdot 10^4$$

Die dB-Tabelle liefert für dieses Verhältnis den Wert 94 dB. Dieser Wert ist ohne weiteres als sehr gut zu bezeichnen.

Welchen Vorteil hat ein solch hohes S/N-Verhältnis? Jedes Schallereignis hat eine sogenannte Dynamik. Die Dynamik ist das Verhältnis (wiederum in dB) zwischen den Lautstärken der lautesten und leisesten Passagen (z.B. in einem Musikstück). Selbstverständlich muß der Endverstärker beide Extreme sauber verarbeiten können. Deshalb muß das Signal/Rausch-Verhältnis des Verstärkers wesentlich höher sein als die Dynamik der Schallquelle. Ist das S/N-Verhältnis zu schlecht, dann gehen die leisen Passagen im Rauschen unter oder werden zumindest „verrauscht".

(Fortsetzung in der nächsten Ausgabe).

WIE FUNKTIONIERT DAS?

THYRISTOREN & TRIACS

In dieser Serie über Halbleiter und ihre wichtigsten Eigenschaften wurden bisher Dioden, Transistoren sowie FETs und UJTs als Spezialtransistoren besprochen. Der Thyristor sowie Triac und Diac als verwandte Bauelemente sind elektronische Schalter, mit denen sich zahlreiche Schaltaufgaben elegant lösen lassen. Ihre Eigenschaften und typischen Anwendungen werden hier besprochen.

DER THYRISTOR

Die Bezeichnung „Thyristor" ist nicht die einzige für dieses Bauelement, ublich sind auch „SCR" (Silicon Controlled switch) und „steuerbarer Gleichrichter".
Das Kunstwort „Thyristor" ist durch Zusammenziehung von „Thyratron" und Transistor" entstanden, es drückt im ersten Teil die funktionellen Übereinstimmungen mit dem Thyratron (Stromtorröhre), im zweiten Teil die technologische Herkunft vom Transistor aus.

SCHALTUNGSSYMBOL

Bild 1 zeigt das Symbol des Thyristors.

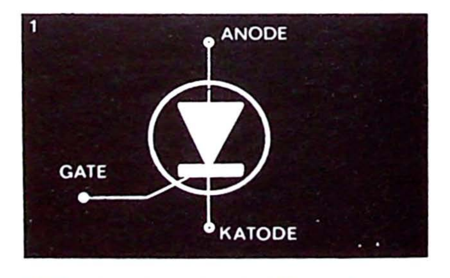


Bild 1. Das gängige Symbol für den Thyristor. Alle Bezeichnungen sind in Englisch, denn bis auf weiteres wird hierzulande „katode" als „Kathode" geschrieben.

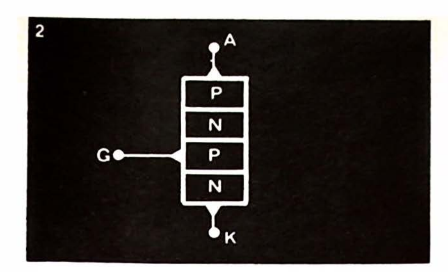


Bild 2. Halbleiteraufbau des Thyristors mit der Vierschichtstruktur.

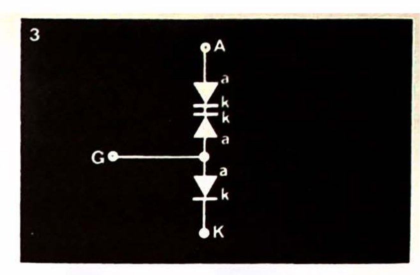


Bild 3. Man kann sich den Aufbau des Thyristors vereinfacht als Reihenschaltung von 3 Dioden vorstellen.

Unmittelbar auffallend ist die darin enthaltene Diode; die betreffenden Anschlüsse werden übereinstimmend als Anode und Kathode bezeichnet (siehe Teil 1 dieser Serie, Heft Nr. 1).
Als Besonderheit weist der Thyristor einen dritten Anschluß auf, das „Gate". Über diesen Anschluß wird der Thyristor zwischen Anode und Kathode „aufgesteuert", also leitend. Sperren läßt sich der Thyristor über das Gate jedoch nicht. Das Sperren erfolgt abhängig von der Anwendungsschaltung und wird deshalb später erläutert.

DER HALBLEITERAUFBAU

Der Thyristor hat eine Vierschichtstruktur (Bild 2). Zwischen den vier Schichten gibt es drei PN-Übergänge, die man sich als Diode vorstellen kann. Wie diese Dioden geschaltet sind, geht aus Bild 3 hervor. Jedoch sagt auch diese Darstellung nicht viel über die Funktion des Thyristors aus.
Für das Verständnis der Wirkungsweise ist Bild 4 wichtig; diese Darstellung beruht auf einem kleinen „Kunstgriff". Die Vierschichtstruktur von Bild 2 ist in zwei Teilstrukturen dargestellt, dabei gehören die beiden mittleren Schichten je zur Hälfte jedem der beiden Teile an. Stellt man sich die beiden geteilten Halbleiterschichten durch je einen Draht verbunden vor, so hat sich eigentlich nichts verändert.
Durch die Teilung des Elementes sind zwei Dreischichtstrukturen entstanden, mit der Schichtenfolge P-N-P (links) und N-P-N (rechts) wie bei Transistoren: links ein PNP-, rechts ein NPN-Transistor. Die Konsequenz daraus kann nur lauten: Bild 5.
Wer Teil 1 dieser Serie aufmerksam gelesen hat, dürfte bei der folgenden Erläuterung der Funktionsweise des Thyristors kaum Schwierigkeiten haben.

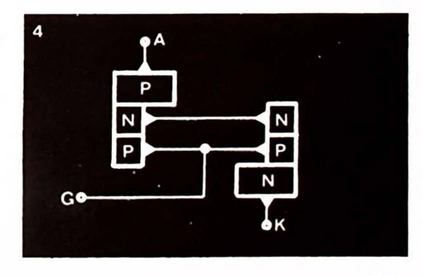


Bild 4. Auftrennung der Vierschichtstruktur in zwei Dreischichtstrukturen.

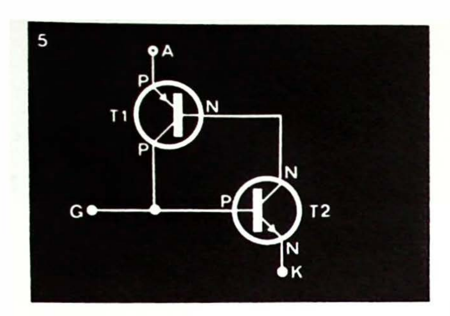


Bild 5. Die beiden Dreischichtstrukturen aus Bild 4, hier dargestellt als zwei Transistoren.

DIE FUNKTIONSWEISE

Grundsätzlich ist zu bemerken, daß der Strom im Thyristor, wie auch in der gewöhnlichen Diode, nur in einer Richtung fließen kann. In Bild 5 ist das die Richtung der Emitterpfeile.

Zunächst sei angenommen: Die Anode liegt an positiver Spannung gegenüber der Kathode; das Gate hat dieselbe Spannung wie die Kathode. In Bild 6 ist die Gatespannung als Impuls eingezeichnet.

Im angenommenen Anfangszustand ist die Gatespannung „noch unten". Der Thyristor sperrt, denn die Kollektor-Emitter-Strecke von Transistor T2 sperrt, weil seine Basis (=Gate) keine Steuerspannung (genauer: keinen Steuerstrom) erhält. Liegt am Gate dagegen eine Spannung (z.B. 1 Volt), so fließt in T2 Basisstrom, die Basis-Emitter-Diode von T2 leitet. Der Transistor verstärkt diesen Basisstrom; über seine Kollektor-Emitter-Strecke fließt nun der sehr viel höhere Strom I1, und zwar vom Pluspol der Speisespannung, über Widerstand R, die EB-Strecke von T1 und den leitenden T2 nach Masse. Die EB-Diode von T1 liegt in Flußrichtung in diesem Stromkreis, sonst könnte der Strom I1 nicht fließen.

Da in der Basis-Emitter-Strecke von T1 Strom fließt, geht auch dieser Transistor in den Leitzustand: Vom Pluspol fließt der Strom I2 über den Widerstand R, die CE-Strecke von T1 und die BE-Strecke von T2 nach Masse.

Dieser Strom I2 ist viel größer als der zu Anfang von der Gatespannung erzeugte Basisstrom in T2, d.h. dieser Transistor kommt jetzt voll in den Leitzustand, falls er es noch nicht gewesen sein sollte.

Die beiden Transistoren steuern sich gegenseitig auf, sobald die Gatespannung „das Signal dazu gibt". Dieser lawinenartige Effekt verläuft sehr schnell; die Schaltzeit des Thyristors beträgt im allgemeinen einige Mikrosekunden.

Der leitende Thyristor hat zwischen Anode und Kathode einen geringen Widerstand, er liegt bei nur ca. 1 Ohm bei Strömen über 1 Ampere. Somit bestimmt sich der Thyristorstrom (Summe aus I1 und I2) praktisch durch den Widerstandswert R. Man wählt ihn so, daß der vom Hersteller angegebene, maximale Stromwert des Thyristors nicht überschritten wird. In der Praxis freilich geht man umgekehrt vor: Man wählt für die Schaltung einen Thyristor, der den Verbraucherstrom schalten kann.

Ist der Thyristor einmal leitend, so bleibt er es auch nach Abschalten der Gatespannung. Der Strom I2 fließt ja nach wie vor durch die BE-Diode von T2 und hält diesen Transistor im Leitzustand. Auch wenn man den Gateanschluß mit Masse verbindet, fließt der größte Teil von I2 nicht über den Widerstand Rg nach Masse, sondern über den Transistor T2. Widerstand Rg übrigens ist der (relativ hochohmige) Anschlußwiderstand des Gates.

Neben dem beschriebenen Verfahren, bei dem der Thyristor über die Gatespannung gezündet wird, gibt es noch andere Möglichkeiten, den Thyristor in den Leitzustand zu

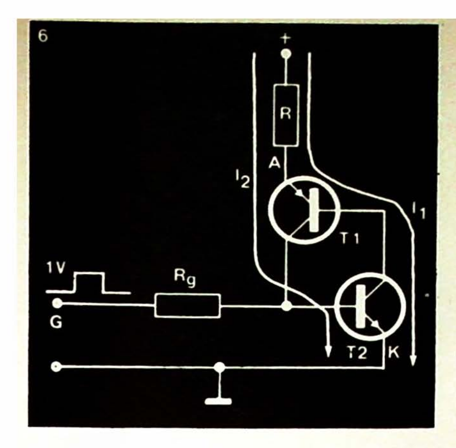


Bild 6. Die Stromwege im gezündeten Thyristor.

bringen, allerdings sind diese Zündmethoden von untergeordneter Bedeutung. Sie werden hier nur kurz und ohne ihre physikalischen Grundlagen angeführt.

1. Der Thyristor zündet, wenn die Anodenspannung höher ist als die maximale Sperrspannung. Der Gateanschluß bleibt dabei außer Betracht, er ist offen. Sobald der Thyristor leitet, nimmt die Spannung zwischen Anode und Kathode schnell ab. Wenn der Widerstand in der Anodenleitung (der Verbraucher) einen ausreichend hohen Wert hat, wird der Thyristor durch diese Art der Zündung nicht beschädigt.
2. Bei Bestrahlung des Thyristors mit Licht kann ebenfalls Zündung eintreten. Auf dieser Erscheinung basiert der Fotothyristor, er hat selbstverständlich ein Fenster, das den Lichtstrahl passieren läßt.
3. Bei hoher Temperatur kann der Thyristor ebenfalls zünden. Ursache dieser Erscheinung sind die bei steigender Temperatur zunehmenden Restströme in den Transistoren.
4. Bei steilem Anstieg der Anodenspannung kann der Thyristor zünden, auch wenn die Sperrspannung nicht überschritten wird. Diese Erscheinung ist unangenehm, z.B. bei einer Motorsteuerung mit Thyristor. Induktive Spannungen über der gesteuerten Wicklung zünden den Halbleiter in den Steuerpausen, dies führt zu unregelmäßigem, stotterndem Motorlauf.

SPERREN DES THYRISTORS

Wie bereits erwähnt, kann der Thyristor nicht über das Gate gesperrt werden. Stattdessen muß der Thyristorstrom soweit verringert werden, daß die beiden Transistoren sich nicht mehr gegenseitig im Leitzustand halten. Der Stromwert, bei dem das Sperren eintritt, wird als Haltestrom bezeichnet. Fällt der Strom unter diesen Wert, so sperrt der Thyristor unmittelbar. Es gibt zwei Möglichkeiten, den Thyristorstrom herabsetzen.
1. Umpolen der Speisespannung. Speist man eine Thyristorschaltung mit einer Wechselspannung (Netzspannung), so wird in jeder

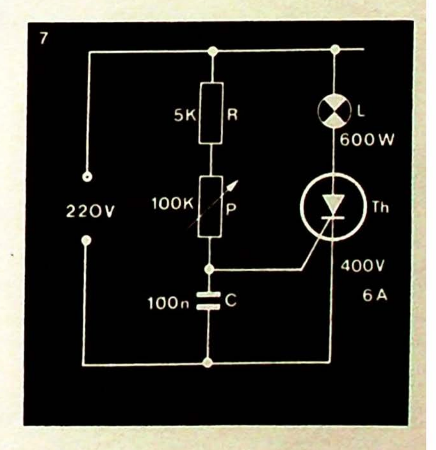


Bild 7. Einfacher Lichtdimmer mit Thyristor.

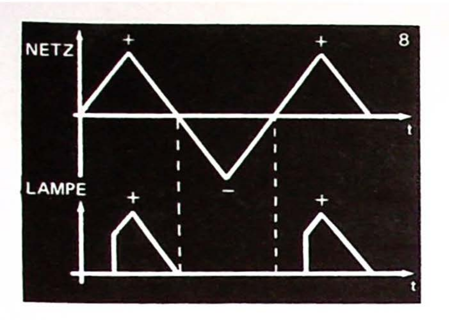


Bild 8. Oben: Die Netzwechselspannung als Dreieckspannung dargestellt. Unten: Die Spannung an der Last, beim Lichtdimmer an der Lampe.

‥eriode die Spannung umgepolt. Beim Nulldurchgang der Wechselspannung haben Anode und Kathode des Thyristors dieselbe Spannung, es fließt kein Strom, der Thyristor sperrt.

2. Erhöhen des Verbraucherwiderstandes. Je höher der Widerstand ist, desto geringer der Strom. Fällt der Wert unter den Haltestrom, so sperrt der Thyristor.

Es gibt auch Spezialthyristoren mit einem niedrigen Widerstand des Gate-Anschlusses. Sie werden als GTO-Thyristoren bezeichnet (gate turn off switch) und lassen sich über das Gate sperren. Der Nachteil der GTO-Thyristoren ist ihr geringer Laststromwert. Sie sind für die gängigen Thyristoranwendungen ungeeignet, recht teuer und werden in P.E.-Schaltungsvorschlägen wohl kaum zum Einsatz kommen.

EINFACHE THYRISTORSCHALTUNG

Bild 7 zeigt einen Licht-„Dimmer". Die Schaltung wird unmittelbar aus dem Netz-gespeist. Die (50 Hertz-) Netzwechselspannung kehrt in jeder Sekunde 100mal ihre Richtung um. In Bild 8 oben ist die Netzspannung dargestellt, und zwar vereinfacht, nämlich nicht als Sinus, sondern als Dreieck. Zur Funktion der Schaltung: Es sei angenommen, daß beim Einschalten des Dimmers gerade eine positive Halbwelle beginnt. Der Thyristor ist noch gesperrt, die Spannung an der Anode steigt an; gleichzeitig fließt über P urd R ein Strom, der den Kondensator C auflädt. Sobald die Kondensatorspannung so weit gestiegen ist, daß ein Strom ins Gate fließt, zündet der Thyristor. Zu diesem Zeitpunkt ist ein Teil der positiven Halbwelle (Anodenspannung) schon „vorbei", z.B. etwa zur Hälfte, wenn das Potentiometer in Mittelstellung ist. Die Lampe wird demnach auch nur während der halben Zeit der positiven Halbwelle gesteuert und leuchtet nur schwach. Beim Nulldurchgang der Wechselspannung nimmt der Thyristorstrom auf Null ab, der Thyristor sperrt. Während der negativen Halbwelle fließt überhaupt kein Strom durch den Thyristor, da er ein Gleichrichter ist. Bild 8 zeigt die Verhältnisse.

Erst im Verlauf der nächsten positiven Halbwelle zündet der Thyristor erneut. Wann das geschieht, hängt von der Potentiometerstellung ab. Steht P auf minimalem Wert, dann lädt sich der Kondensator schnell, die Zündung erfolgt bereits kurz nach Beginn der positiven Halbwelle. Bei maximalem Wider-

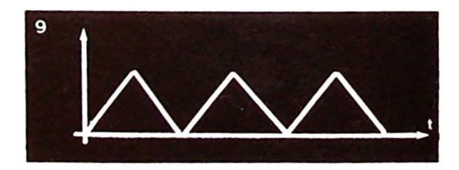


Bild 9. Zweiphasen-gleichgerichtete Netzspannung, als Dreieckspannung dargestellt. Man spricht auch von "pulsierender Gleichspannung".

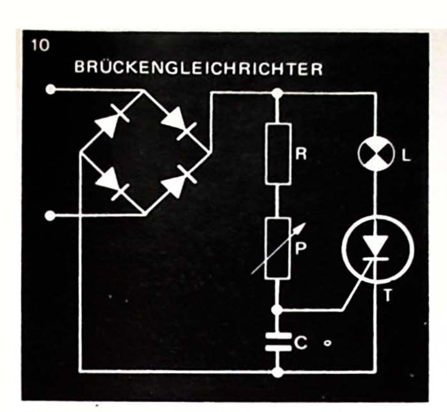


Bild 10. Zweiphasen- oder Zweiweggleichrichtung mit einem Brückengleichrichter aus vier Dioden. Das Verfahren ist kostspielig, weil die Dioden für die großen Ströme nicht billig sind.

standswert von P erfolgt die Kondensatorladung langsam, der Thyristor zündet erst kurz vor dem Ende der positiven Halbwelle, die Lampe leuchtet nicht oder nur sehr schwach.
Aus Bild 7 geht hervor, daß der Thyristor einen Verbraucher, z.B. mehrere parallelgeschaltete Lampen mit einer Leistung bis zu 600 Watt schalten kann. Wie ist das möglich, ohne daß der Thyristor durch eine starke Wärmeentwicklung zerstört wird?
Eine Wärmeentwicklung in dem Maße, wie man sie von Transistoren gewöhnt ist, tritt überhaupt nicht auf. Die Erklärung ist einfach: Die Wärmeentwicklung ist weitgehend proportional zum Produkt aus Strom und Spannung zwischen Anode und Kathode des Thyristors. Solange der Halbleiter sperrt, ist die Spannung zwar hoch, aber der Strom Null. Im gezündeten Zustand ist der Strom hoch, die Spannung jedoch sehr niedrig (ca. 1 Volt). In beiden Fällen ist also das Produkt aus Strom und Spannung klein, weil immer einer der beiden Faktoren klein ist.
Dank dieses Umstandes gibt es Thyristoren, die bis zu 1000 Ampere schalten können. Der Thyristor in Bild 7 braucht nur ein kleines Kühlblech.
Ein entscheidender Nachteil der Schaltung Bild 7 ist die Tatsache, daß nur während einer Halbwelle Strom fließen kann. Einer Glühlampe kann man auf diese Weise nur einen Teil ihrer Nennleistung zuführen.
Abhilfe ist mit der Schaltung Bild 10 möglich. Die Netzspannung wird mit einem Brückengleichrichter zweiphasig gleichgerichtet. Wie eine solche Spannung aussieht, zeigt Bild 9 vereinfacht. Nach einer positiven Halbwelle folgt nicht eine negative, sondern wieder eine positive. Um eine Wechselspannung handelt es sich hierbei insofern nicht, als keine Polaritätswechsel (Nulldurchgänge) stattfinden. Die Spannung fällt aber zwischen den Perioden auf Null, deshalb kann der Thyristor jedesmal sperren und im Verlauf der nächsten Periode wieder gezündet werden. Mit dieser Schaltung läßt sich der Verbraucher zwischen „aus" und voller Leistung steuern. In der Praxis wird die Schaltung trotzdem kaum benutzt, weil es einfachere Lösungen gibt: mit einem Triac.

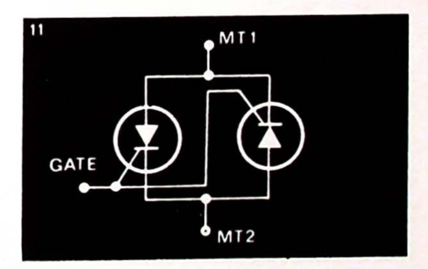


Bild 11. Der Triac in der Darstellung als zwei Thyristoren.

DER TRIAC

Der Triac ist ein Schaltelement, das viel Ähnlichkeit mit dem Thyristor hat. Der Unterschied: Der Strom kann in beiden Richtungen fließen, der Triac kann also beide Halbwellen einer Wechselspannung schalten. Im Prinzip besteht der Triac aus zwei parallelgeschalteten, jedoch zueinander komplementären Thyristoren mit gemeinsamem Gateanschluß (Bild 11). Da je eine Kathode und eine Anode zusammengeschaltet sind, können die beiden Hauptanschlüsse nicht mehr als Anode und Kathode bezeichnet werden. Bild 12 zeigt das Schaltsymbol, die Hauptanschlüsse heißen MT1 und MT2 (main terminal). Wegen der prinzipiell übereinstimmenden Funktionsweise zwischen Thyristor nd Triac erfolgt hier keine detaillierte Behreibung des Triacs.

ld 13 zeigt wieder einen Lichtdimmer, diesıal mit Triac. Der auffallendste Unterschied zu Bild 7 ist das mit D gekennzeichnete Bauelement. Es handelt sich um eine sogenannte Triggerdiode oder „Diac".

Der Diac besteht aus zwei parallelgeschalteten Vierschichtdioden. In beiden Richtungen hat dieses Bauelement eine Durchbruchspannung von ca. 25 Volt. Liegt eine geringere Spannung an seinen Anschlüssen, so sperrt der Triac. Nach dem Durchbruch beträgt die Spannung nur noch 1 Volt.

In der Triacsteuerung Bild 13 hat der Diac eine unverzichtbare Funktion. Der Triac benötigt einen relativ hohen Zündstrom. Im Verlauf einer Halbwelle lädt sich der Kondensator auf ca. 25 Volt auf, kann also beim Erreichen dieses Wertes, wenn der Diac schaltet und den Triac zündet, einen ausreichenden (Entlade-) Strom liefern.

Abschließend ist noch zu bemerken, daß das Prinzip der Schaltungen Bild 7 und Bild 13 als „Phasenanschnittsteuerung" bezeichnet wird. Die Sinus-Wechselspannung wird „angeschnitten" (Bild 8).

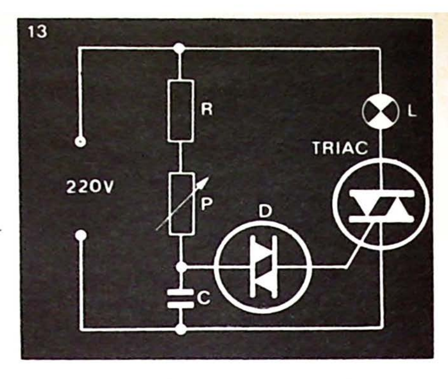


Bild 13. Lichtdimmer mit Triac. Besonderheit der Schaltung: die Triggerdiode D (siehe Text).

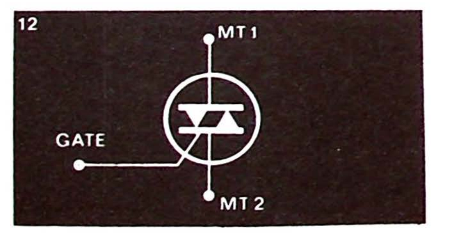
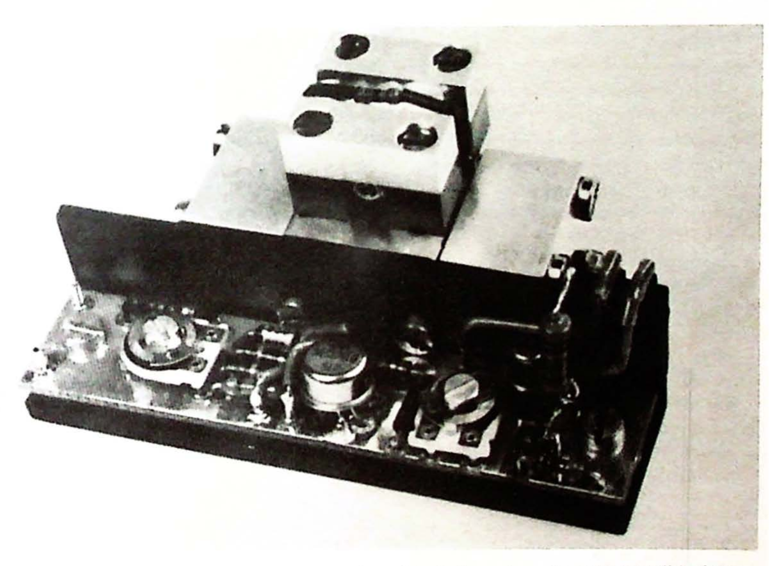


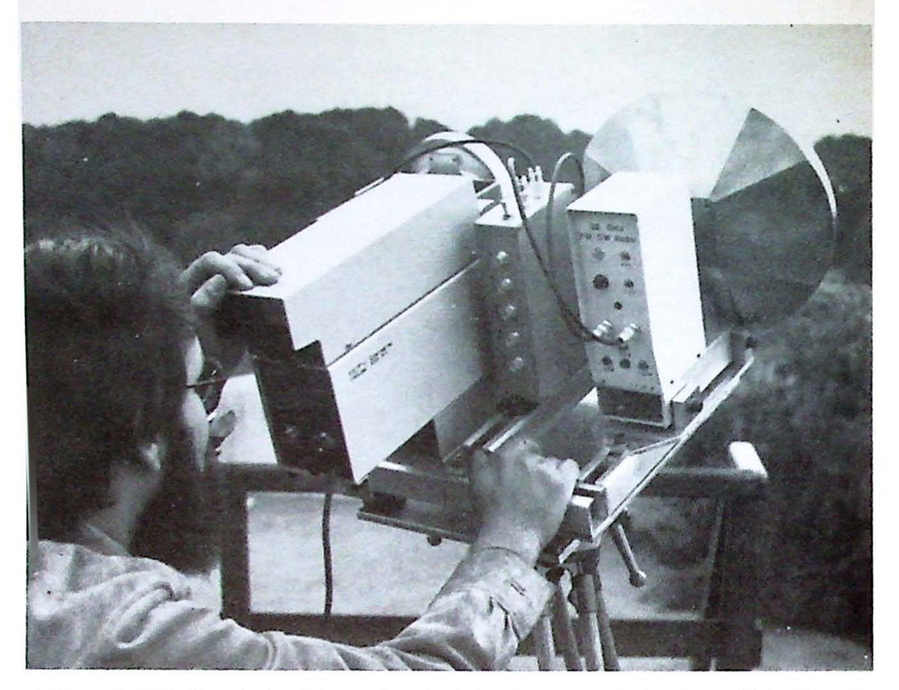
Bild 12. Schaltsymbol des Triacs.

RADAR VERHINDERT AUFFAHRUNFÄLLE

Die Schwierigkeit, auf größere Entfernung Geschwindigkeiten und Geschwindigkeitsänderungen richtig einzuschätzen sowie die Unmöglichkeit, ständig ein Höchstmaß an Aufmerksamkeit aufrechtzuerhalten, sind bekannte Schwachstellen des menschlichen Organismus. Gewissermaßen als zusätzliches Sinnesorgan für den Autofahrer könnte hier ein neuentwickeltes Abstandswarnradar (AEG-Telefunken) für Kraftfahrzeuge einen entscheidenden Beitrag zur Verkehrssicherheit leisten. Ein weiterer Vorteil des „Autoradars" ist es, daß es weitgehend unabhängig von Nebel, Regen, Schnee, Staub und anderen Sichtbehinderungen funktioniert.
Die sehr kurzen Radarwellen (35 GHz bis 90 GHz, entsprechend Wellen von 8,5mm bis 3,3mm Länge) haben den Vorteil, daß sie von kleinen Antennen abgestrahlt und empfangen werden können, die mühelos im Kühlergrill eines Personenwagens unterzubringen sind. Außerdem erfüllen sie die im Straßenverkehr ganz entscheidende Voraussetzung, nicht nur von Metall sondern zum Beispiel auch von Fußgängern reflektiert zu werden.



Gerade beim PKW-Abstandswarnradar müssen besondere elektrische und mechanische Stabilitätsforderungen erfüllt werden.
Das Bild zeigt das 35-GHz-Empfangsmodul.

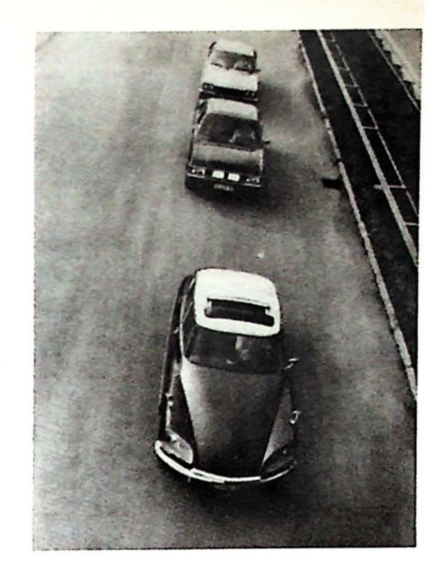


Je kürzer die Wellenlänge der im Millimeter-Bereich arbeitenden Radargeräte ist, desto schärfer läßt sich die Strahlung schon mit kleinen Spiegeln bündeln. AEG-Telefunken arbeitet intensiv auf diesem Gebiet, was vor allem eine eigene Entwicklung der erforderliche Komponenten vorraussetzte. Im Vordergrund ein Versuchsmodell des 35-GHz-Radars, wie es für die Abstandswarnung in Pkws vorgesehen ist. Zur Kontrolle der Versuche dient eine Fernsehkamera.

PROZESSRECHNER LÖST WARNTON AUS

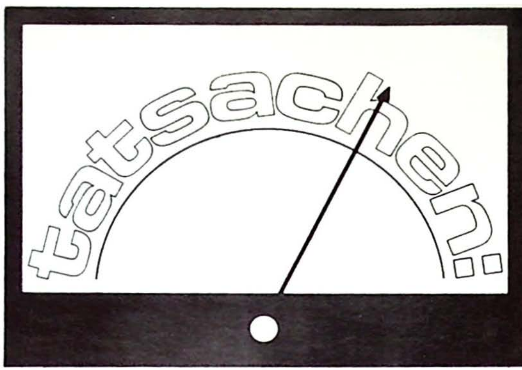
Das Abstandswarnradar ist vor allem im Strassenverkehr nützlich, wenn voranfahrende Fahrzeuge durch plötzliches Vermindern ihrer Geschwindigkeit die Gefahr eines Auffahrens heraufbeschwören. Auch stehende Fahrzeuge oder andere Hindernisse werden von dem Gerät angezeigt. In diesen Fällen wird ein Warnton ausgelöst. Das geschieht durch einen kleinen Prozeßrechner, der aus der Kenntnis der gemessenen Geschwindigkeit des voranfahrenden und des eigenen Fahrzeugs sowie unter Berücksichtigung des ebenfalls gemessenen jeweiligen Abstands einen „kritischen Gefahrenabstand" errechnet. Dies ist eine Weggröße, die bei einer

betriebsüblichen Bremsverzögerung des eigenen Fahrzeuges die Gefahr eines Auffahrunfalls beinhaltet.
In der Auswerteeinrichtung (Prozeßrechner) wurden Vorkehrungen getroffen, nichtrelevante Echos, wie Blendschutzeinrichtungen in Kurven oder Brücken und Baken zu eliminieren. Dies wird durch die enge Strahlbündelung der Radarantenne von nur rund 2° erleichtert.



ANDERE EINSATZMÖGLICHKEITEN

Neben dem Personenverkehr ist auch beim Transportgewerbe ein besonders großes Interesse für ein Abstandswarngerät festzustellen. Hier können durch das „Autoradar" wertvolle Frachten und Fahrzeuge, gefährdete und gefährliche Transporte zusätzlich gesichert werden.
Es wurden auch bereits Versuche gemacht, dieses „Autoradar" im Rangierdienst der DB einzusetzen. Um den Rangierdienst auf den Verschiebebahnhöfen automatisieren zu können, werden für die nach einem vorgesehenen Betriebsprogramm ferngesteuerte Rangierlokomotive genaue Daten über ihre Geschwindigkeit und ihren Abstand zu dem zu verschiebenden Güterwagen benötigt. Bei den sehr erfolgversprechenden Versuchen erwies es sich als vorteilhaft, daß zur Installation der kleinen, batteriebetriebenen Radargeräte nicht mehr notwendig ist als ein Anhängen oder Anklemmen an einer geeigneten Stelle der Lokomotive.
Ein weiteres Radargerät dient dazu, auf Bundesbahnlokomotiven genaue Informationen über die Fahrgeschwindigkeit zu gewinnen, um daraus durch Integration bzw. Differentation den zurückgelegten Weg bzw. die Beschleunigung des Zuges zu errechnen. Die DB strebt für die Zukunft einen Ausbau des Fahrbetriebs auf Teil-Automatisierung an. Um eine vorgegebene Fahrstrategie einhalten zu können, ist daher die Kenntnis dieser Betriebsdaten notwendig. Wegen des erheblichen Schlupfes ist es bisher nicht möglich gewesen, sie tachometrisch über die Laufräder zu erhalten. Bisherige Meßergebnisse waren sehr zufriedenstellend. Selbst bei bis zu 100 km gefahrenem Weg wurden Messgenauigkeiten von etwa 0,2 pro Mille erreicht.
Mit einem weiteren recht handlichen Radargerät - fast ein Taschengerät - können Geschwindigkeiten bewegter Gegenstände, z.B. auch von Autos, gemessen werden. Dabei ist nicht nur an die wenig beliebte Radarkontrolle gedacht. Es lassen sich mit diesem Gerät auch Verkehrsflußanalysen, Ampelsteuerungen etc. durchführen. Es kann aber auch die Geschwindigkeit eines Fördergutes gemessen werden, das sich nur sehr langsam bewegt.



So arbeitet ein Vielfachmeßinstrument

Neben Lötkolben und gedruckten Schaltungen sind Vielfachmeßinstrumente die wichtigsten Utensilien in der Elektronik. Ein solches Instrument -auch Universalmeßgerät genannt- gehört zur Standardausrüstung eines Elektronikers. Nicht nur ein Meßinstrument sein eigen nennen, sondern es verstehen und richtig damit arbeiten sollte auch der Freizeitelektroniker. Immer wiederkehrende Meßfehler sind Folge einer unsachgemäßen Handhabung. Der nachfolgende Artikel befaßt sich mit dem grundsätzlichen Aufbau der Vielfachmeßinstrumente und weckt so das Verständnis für den richtigen Umgang mit ihnen.

Ein Vielfachmeßinstrument-was ist das ?
Vielfachmeßinstrumente sind Geräte, die mindestens Gleichstrom, Gleichspannung, Wechselspannung und Widerstand messen können.

Der Handel bietet Universalmeßgeräte in allen Preisklassen an. Preisbestimmend sind die Meßgenauigkeit, die Empfindlichkeit (Innenwiderstand), die Meßmöglichkeiten, die einstellbaren Meßbereiche sowie die Güte des Anzeigeinstruments. Die Genauigkeit und die Empfindlichkeit des Gerätes sowie das genaue Ablesen sind mitentscheidend dafür, ob der ermittelte Meßwert dem tatsächlichen Wert entspricht. Die Genauigkeit ist bei den Elektronik-Hobbyisten weitaus weniger wichtig als bei Profis. Deshalb ist es auch nicht sinnvoll, im folgenden ein hochpräzises Gerät zu beschreiben, das den gemessenen Wert auf drei Stellen hinter dem Komma genau anzeigt.

Das Drehspulinstrument
Ein wesentlicher Bestandteil des Universalmeßgerätes ist die "Anzeigeeinheit". In den meisten Fällen findet ein Drehspulinstrument Verwendung -digital anzeigende

Geräte bleiben in diesem Artikel außer Betracht-, bei dem das Hauptaugenmerk dem Innenwiderstand gilt. Beträgt der Innenwiderstand 20 Kiloohm pro Volt, ist das für den normalen Gebrauch ausreichend. Die Angabe "20 Kiloohm pro Volt" besagt, daß für den maximalen Zeigerausschlag im Bereich 1 Volt nur 50 Mikroampere oder 50 Millionstel Ampere durch das Gerät zu fließen brauchen. (Der genannte Stromwert errechnet sich folgendermaßen:
Strom = Spannung durch Widerstand; also 1 Volt dividiert durch 20 Kiloohm pro Volt gleich 50 Mikroampere.) Bei der Messung wird der Meßpunkt immer durch das Gerät belastet, d.h. aus der zu messenden Schaltung fließt immer Strom ab. Falls der Meßpunkt relativ hochohmig ist, stimmt das Ergebnis nicht mehr, weil es zu sehr verfälscht ist. Je höher der Innenwiderstand eines Gerätes liegt, desto weniger wird die Messung beeinflußt.
Beispiel: Zwei Widerstände 1 Megaohm sind in Reihe geschaltet und werden mit einer Versorgungsspannung von 10 Volt gespeist. Der Spannungsabfall pro Widerstand stellt sich somit auf die halbe Versorgungsspannung ein, also auf 5 Volt. Mit dem Vielfachmeßinstrument will man überprüfen, ob dieser Wert auch tatsächlich vorhanden ist. Da die maximal zu erwartende Spannung 5 Volt beträgt, stellt man das Gerät auf den 10 Volt-Bereich ein. Bei einer Empfindlichkeit von 20 Kiloohm pro Volt beträgt der Geräteinnenwiderstand für den gewählten Bereich 200 Kiloohm (Innenwiderstand multipliziert mit dem eingestellten Bereich; also 20 Kiloohm pro Volt x 10 Volt = 200 Kiloohm.)

Um nun die Spannung zu überprüfen, schaltet man das Meßgerät dem entsprechenden Widerstand parallel. Das bedeutet, dem 1 Megaohm-Widerstand wird der Geräteinnenwiderstand parallel geschaltet. Daraus ergibt sich ein resultierender Gesamtwiderstand von ca. 166 Kiloohm. Das Meßgerät zeigt deshalb nicht den Spannungsabfall am 1 Megaohm Widerstand, sondern den am Gesamtwiderstand an. Es ist klar, daß der angezeigte Wert nicht 5 Volt sein kann. Die Spannung teilt sich also nicht gleichmäßig auf, sondern im Verhältnis von 1 Megaohm zu 166 Kiloohm. Das entspricht einem Spannungsverhältnis von 8,58 Volt zu 1,42 Volt. Das Meßgerät zeigt den falschen Wert von 1,42 Volt an!

Das Beispiel zeigt, daß man den bei jeder

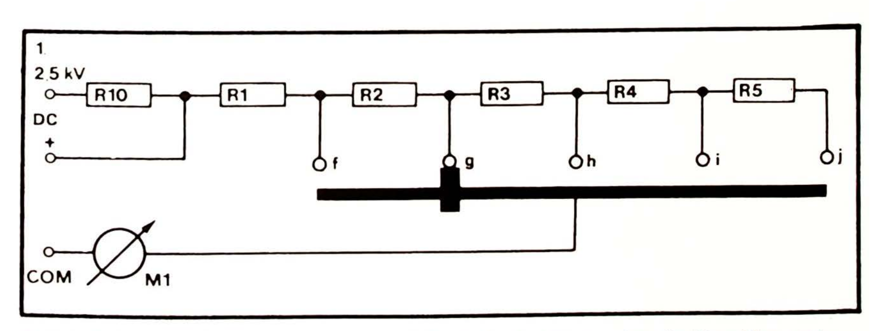


Bild 1. Bei der Gleichspannungsmessung gelangt der Meßstrom über die Vorwiderstände R1 bis R5 und R10 zum Meßwerk.

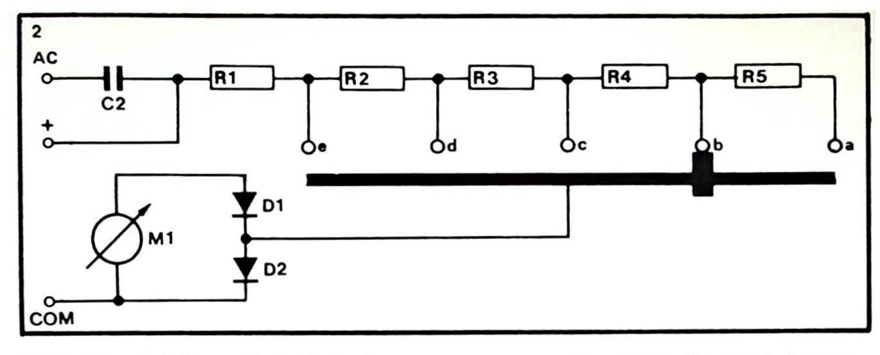


Bild 2. Diese Schaltung gilt für Wechselspannungmessungen. Der einzige Unterschied zu der Schaltung in Bild 1 besteht in den Dioden D1 und D2. Sie sind dem Meßwerk als Gleichrichter vorgeschaltet. Der Kondensator C2 blockt eventuelle Gleichspannung ab.

Messung zu erwartenden Fehler eventuell mit einkalkulieren muß.
Will man den Spannungsabfall bei einer Reihenschaltung niederohmiger Widerstände messen (bis zu einigen Kiloohm), ist die Belastung durch den Innenwiderstand von 200 Kiloohm vernachlässigbar klein.

Der richtige Umgang
"Der Ton macht die Musik"- das gilt auch beim Umgang mit einem Vielfachmeßinstrument. Überlastung führt im schlimmsten Fall zur Zerstörung des Drehspulinstrumentes. Entweder wird dabei die Spule zerstört, oder "der Zeiger wickelt sich um seinen Drehpunkt auf".
Die Anzeige ist mit verschiedenen Skalen versehen, von denen man jeweils die richtige beim Ablesen -entsprechend dem gewählten Bereich und der gewählten Meßart- beachten muß. Häufig ist die Skala mit einem Spiegel unterlegt. Betrachtet man die Anzeige mit einem offenen und einem geschlossenen Auge, muß das Zeigerspiegelbild vom Zeiger selbst verdeckt sein. Diese Maßnahme kommt der Ablesegenauigkeit zugute.
Vor jeder Messung sollen folgende Punkte beachtet werden:
Überprüfen, ob der Zeiger korrekt auf Null abgeglichen ist. Eventuell eine Nullpunktkorrektur vornehmen.
Die richtige Meßart wählen (AC = Wechselstrom, DC = Gleichstrom).
Den Meßbereichschalter auf den höchsten Wert stellen. Nur wenn das zu erwartende Ergebnis in etwa bekannt ist, kann man direkt den richtigen Bereich wählen. Beim Anschluß der Meßkabel auf die richtige Polarität achten. Der Zeiger soll bei der richtigen Bereichswahl mindestens bis zu Skalenmitte hin ausschlagen. Ist das nicht der Fall, den nächst niedrigeren Bereich einstellen. Bevor Widerstandsmessungen durchgeführt werden, erst mit kurzgeschlossenen Meßspitzen den Nullpunkt kontrollieren. Der Zeiger muß dabei zum rechten Skalennullpunkt hin ausschlagen; eventuell nachregulieren. Erst dann kann man den Widerstand messen. Der zu messende Widerstand darf nicht mit einer Spannung verbunden sein.

GLEICHSPANNUNGSMESSUNG

Bild 1 zeigt die prinzipielle Geräteschaltung bei der Gleichspannungsmessung. Der Minuspol des Anzeigeinstrumentes ist direkt mit "com(mon)", dem gemeinsamen Masseanschluß verbunden. Den Plusanschluß hingegen verbindet ein Bereichswahlschalter mit verschiedenen Vorwiderständen. Diese Präzisionswiderstände sind so berechnet, daß sie in Reihe geschaltet den richtigen Gesamtwiderstand für den Meßbereich haben. Der hochohmige Widerstand R10 (z.B. 40 Megaohm) für den 2500 Volt-Bereich ist den Widerständen R1 bis R5 vorgeschaltet (2,5 kV).

Die Vorwiderstände sind über den Bereichswahlschalter mit dem Drehspulinstrument in Reihe geschaltet. Der Wert dieser Widerstände bestimmt den Meßbereich. Soll am Meßwerk z.B. 0,1 Volt abfallen, muß ein Vorwiderstand die restliche Spannung aufnehmen; das sind zum Beispiel beim 100 Volt-Bereich 99,9%. Für das Anzeigeinstrument bleiben folglich nur noch 0,1% übrig.

WECHSELSPANNUNGSMESSUNG

Den geräteinternen Wechselspannungsschaltkreis zeigt Bild 2. Bei Wechselspannungsmessungen muß die gemessene Spannung -bevor sie zum Meßgerät M1 gelangt- gleichgerichtet werden. Diese Aufgabe übernehmen die Dioden D1 und D2. Eine Gleichspannung ist notwendig, weil ein Drehspulinstrument nur Gleichstrom verarbeiten kann. Der Meßstrom fließt also von den Vorwiderständen über den Bereichswahlschalter nicht direkt zum Gerät M1, sondern erst über die Dioden. Mißt man z.B. eine Wechselspannung von 50 Hertz, müßte der Zeiger in der Sekunde 100 mal seine Richtung ändern (100 mal, weil sich je Periode zweimal die Richtung ändert). Ein Drehspulinstrument kann dieser häufigen Richtungsänderung nicht folgen, da sein System zu träge ist. Der Zeiger bleibt auf Null. Die Reihenschaltung der Dioden D1 und D2 setzt allerdings bei der Wechselspannungsmessung die untere Meßgrenze herauf. Deshalb ist der empfindlichste Meßbereich in den meisten Fällen -besonders bei preiswerteren Geräten- höher als der empfindlichste Spannungsbereich.

Der Kondensator blockiert die einer Wechselspannung eventuell überlagerte Gleichspannung. Dies ist z.B. dann der Fall, wenn man das Ausgangswechselspannungssignal einer Transistorverstärkerstufe am Kollektor oder Emitter überprüfen will.

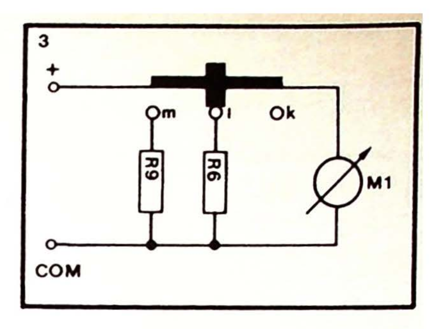


Bild 3. Steht der Wahlschalter in Stellung k, fließt der maximale Meßstrom zum Gerät M1. In Stellung l und m vergrößern parallelgeschaltete Shunt-Widerstände den Meßbereich.

GLEICHSTROMMESSUNG

Der Strom durch das beschriebene Meßgerät darf in diesem Beispiel 50 Mikroampere nicht überschreiten. Doch muß man in der Praxis meistens höhere Stromwerte messen. Dazu sind bei der Strommessung dem Meßwerk sogenannte Shunt-Widerstände parallelgeschaltet, in (Bild 3 die Widerstände R6 und R9. Je kleiner der Shuntwert gegenüber dem Gerätewiderstand ist, desto mehr Strom fließt über den Shunt ab; folglich kann man dem Meßgerät einen höheren Strom zu führen.

Ein Nachteil der Strommessung ist, daß man den Schaltkreis auftrennen muß, um das Meßinstrument dazwischen zu schalten. Dies läßt sich vermeiden, wenn nicht der Strom, sondern die Spannung an einem Widerstand in diesem Schaltkreis gemessen wird. Denn: Spannung dividiert durch Widerstand gleich Strom.
Beispiel: Der Spannungsabfall an einem 1 Kiloohm-Widerstand beträgt 10 Volt. Der durch den Widerstand fließende Strom hat einen Wert von 0,01 Ampere (10 Milliampere).

WIDERSTANDSMESSUNG

Bild 4 zeigt das interne Schaltprinzip bei der Widerstandsmessung. Bei dieser Meßart ist eine Hilfsspannung notwendig. Jedes Vielfachmeßinstrument verfügt über eine solche Hilfsspannung. Das ist in der Regel eine Batterie von 1,5 Volt (je nach Gerät 3 Volt). Die Batterie ist über R8 und das Potentiometer R13 mit dem Meßwerk verbunden. Schließt man die Meßspitzen kurz (d.h. der Pluspol wird direkt mit "common" verbunden), läßt sich der Zeigerausschlag mit R13 auf Null Ohm (Vollausschlag) einstellen. Verbindet man die Meßspitzen über einen Widerstand miteinander, fließt nicht mehr der volle Strom durch das Instrument M1. Das Gerät zeigt nicht mehr Vollausschlag (also Null Ohm), sondern einen anderen Wert auf der Widerstandsskala an. Der Zeigerausschlag ist um so geringer, je höher der Wert des zu messenden Widerstandes ist.

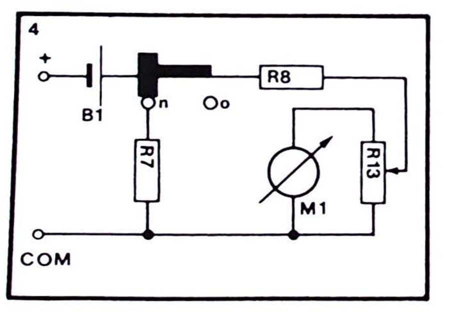
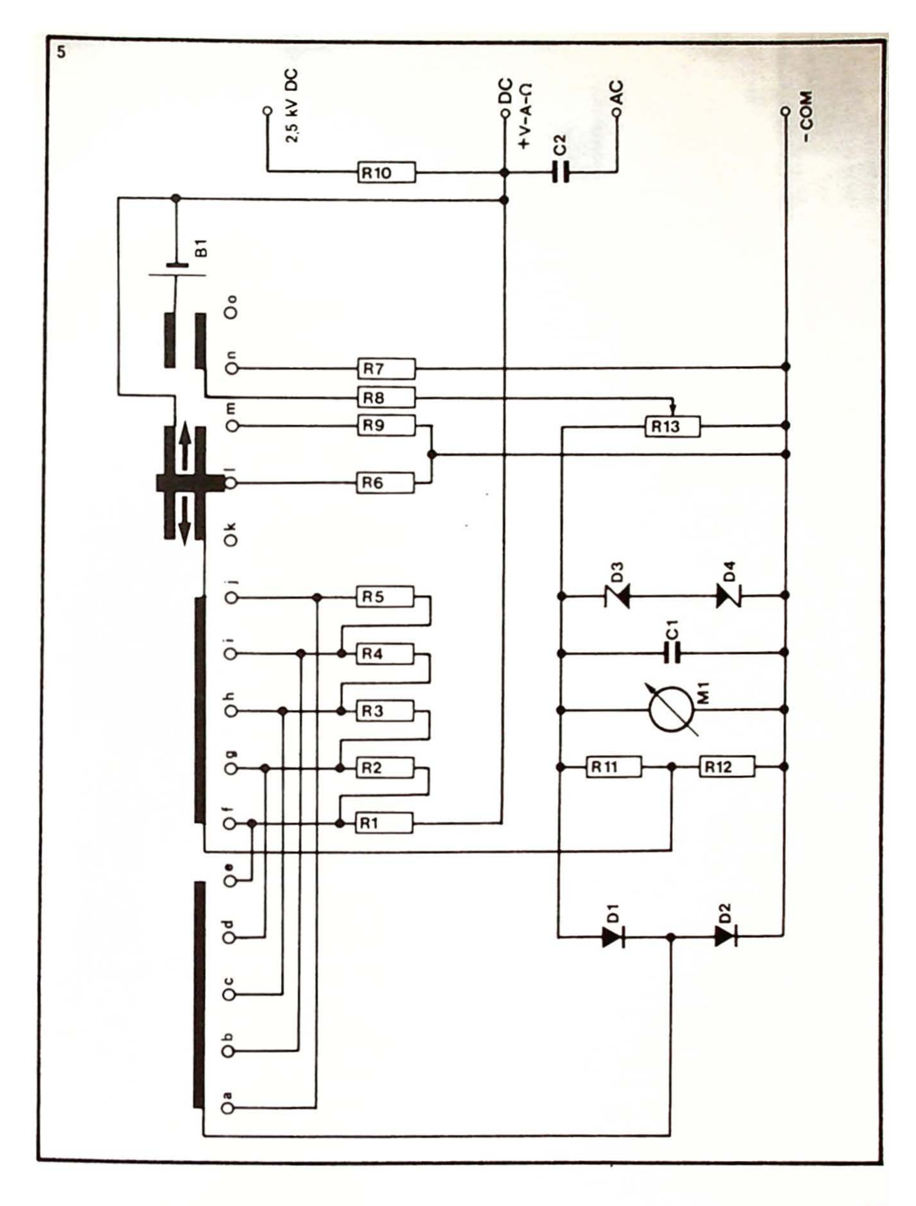


Bild 4. Bei Widerstandsmessungen ist eine Hilfsspannung notwendig; so kann man das Gerät vor dem Messen der Widerstände auf Null Ohm eichen.

Bild 5. Der Gesamtschaltplan zeigt den Prinzipiellen Aufbau eines Vielfachmeß-intruments.

DIE GESAMTSCHALTUNG

Fügt man alle Teilschaltbilder zu einer Einheit zusammen, ergibt sich ein prinzipielles Gesamtschaltbild eines Vielfachinstruments. Diesen Schaltplan zeigt Bild 5.
Die elektrische Zuverlässigkeit ist durch die zusätzlichen Dioden D3 und D4 noch verbessert. Die Dioden sollen das Meßwerk vor Überlastung schützen. Allerdings darf man auch von diesen Zenerdioden keine Wunder erwarten! Sie überwachen nur einen begrenzten Bereich. Die Schutzdioden gehen in den Leitzustand über, wenn die für das Meßgerät maximal zulässige Spannung überschritten wird. Ist allerdings die Überlastung sehr hoch (z.B. Messen der 220 Volt Netzspannung im niedrigsten Spannungsbereich), helfen auch die Zenerdioden D3 und D4 nicht mehr; sie werden zerstört. Die Folge dieser Unachtsamkeit ist, daß sich die Innereien des Meßgerätes in Wohlgefallen auflösen.
Der Kondensator C1 bedämpft das Meßwerk, während R11 und R12 dem Meßwerk als Spannungsteiler parallel geschaltet sind.


5
2,5 kV DC
DC
+V-A-Ω
AC
-COM
R10
C2
B1
o
n
m
l
k
j
i
h
g
f
e
d
c
b
a
R7
R8
R9
R6
R13
R5
R4
R3
R2
R1
D3
D4
C1
M1
R11
R12
D1
D2

(Verlagsanzeige)



IHR SCHALTUNGSWUNSCH IM P.E.-PROGRAMM!

P.E. praktiziert Mitbestimmung für aktive Elektronik-Hobbyisten.
Wie funktioniert das?
Sie können eine Postkarte einsenden. Auf der Rückseite tragen Sie fünf Schaltungswünsche ein. Freimachen und abschicken – das ist alles.

In P.E.'s Hitparade „TOP TEN" werden die 10 meistgenannten Schaltungen aufgeführt.

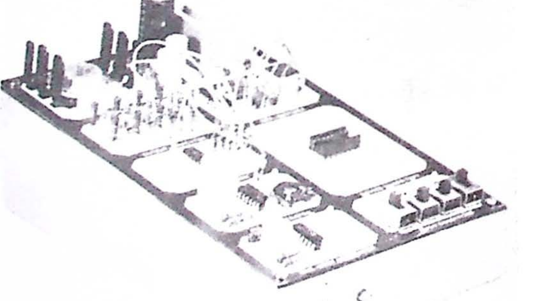
Die eingesandten Schaltungsvorschläge werden in der Reihenfolge ihrer Nennung mit 5, 4, 3 Punkten usw. bewertet.
Der Stand der Hitparade nach 632 Einsendungen:

1.	Superspannungsquelle (3 Volt . . . 30 Volt, 1, 3 Ampere)	561
2.	Minimix (einfaches Mischpult)	503
3.	TV-Tonkoppler	242
4.	Leslie	224
5.	Lichtdimmer	219
6.	Spannungslupe	208
7.	Black-Box-Verstärker (NF-Endverstärker mit IC)	204
8.	Einbruchalarm	192
9.	Anti-Lichtorgel	179
10.	P.E.-Bamby (Miniverstärker)	164

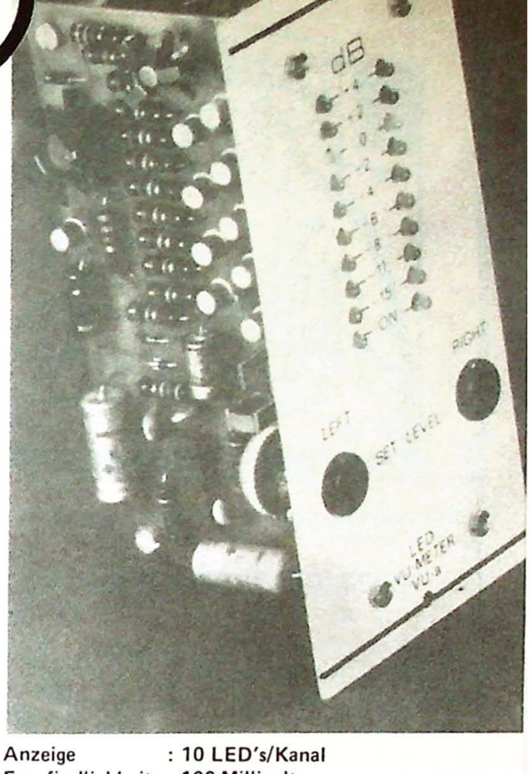
Die Beiträge „Code-Schloß" und „LED-VU-Meter" in dieser Ausgabe nahmen bisher in der Hitparade die Plätze 3 und 4 ein.

Aus dem Programm der nächsten Ausgaben:

- P.E.-Meßmodule
- Signalspritze/Signalfolger
- Mini-Uhr mit Maxi-Display
- TV-Tonkoppler
- TTL-Trainer
- Ultraschall-Einbruchalarm
- Superspannungsquelle
- Kombi-Vorverstärker MD/Mikro



Hit 4



LED-VU-METER

IN MODULTECHNIK

Anzeige	: 10 LED's/Kanal
Empfindlichkeit	: 100 Millivolt
Meßbereich	: -15 bis +4 dB
Frequenzbereich	: ....26,4 Kilohertz (-3 dB)

Wie aus der Baubeschreibung hervorgeht, ist ein LED-VU-Meter durchaus aufwendiger als ein klassisches Zeigerinstrument. Der Trend läßt sich jedoch nicht aufhalten (mehr zur Philosophie des Trends im Beitrag "Aussteuerungsmessung in dB" in dieser Ausgabe).
Pro Kanal sind an Halbleitern 12 Transistoren, 1 IC und 13 Dioden (incl. LEDs) erforderlich, obwohl die Schaltung auf einem kostensparenden Prinzip beruht. Der Print ist selbstverständlich so ausgeführt, daß ein raumsparender Aufbau innerhalb des P.E.-Modulsystems gewährleistet ist. Dies war allerdings nur mit getrennten Prints für die beiden Kanäle möglich.

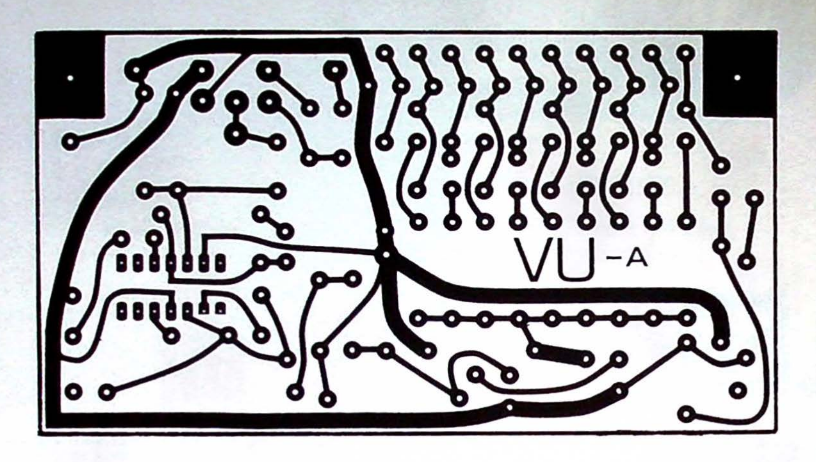


Bild 1. Die Abmessungen des Prints wurden für das Modulsystem passend gewählt.

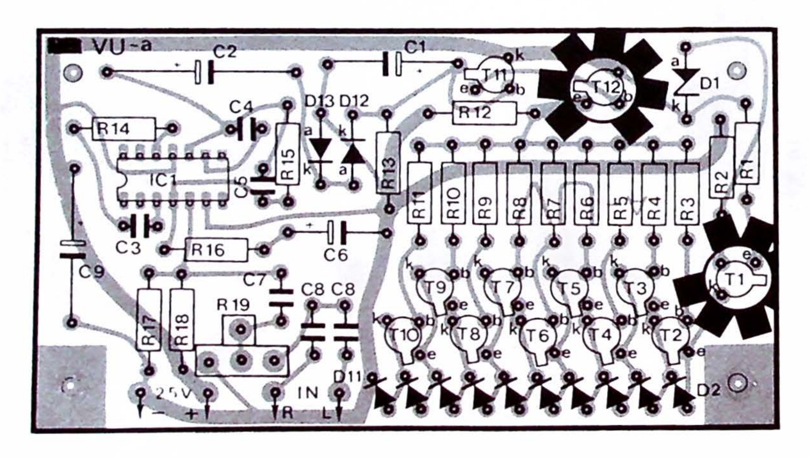


Bild 2. Besonderheiten der Bestückung sind im Text beschrieben.

Bild 1 zeigt den Print für einen Kanal des LED-VU-Meters. Beim Bestücken des Prints sind einige Dinge besonders zu beachten. Als LEDs können nur Typen mit 3 mm Durchmesser verwendet werden. Die ebenfalls sehr gängigen 5 mm-Typen kommen bei den gewählten Abmessungen des Prints ins Gedränge. Die LEDs müssen sauber in einer Reihe montiert werden und in exakt gleichen Abständen vom Print, damit sie nachher exakt in die Bohrungen der Frontplatte passen. Bei den meisten LEDs ist die Kathode durch eine Abplattung des Gehäuserings gekennzeichnet.

Das Operationsverstärker-IC 709 gibt es in mehreren Gehäuse-Bauformen. Hier wird die Dual-In-Line (DIL-) Bauform verwendet. Diese Ausführung kann man auf zwei verschiedene Arten in den Print oder eine IC-Fassung setzen, von denen nur eine richtig ist; deshalb unbedingt auf die Lage der Kerbe achten (siehe Bestückungsplan, Bild 2). Der 2N1613 und Transistor T1 in der Konstantstromquelle müssen mit passenden Kühlsternen versehen werden.

In Bild 2 ist Kondensator C8 zweimal eingezeichnet. C8 ist der Eingangs-Koppel-Kondensator; seine Position auf dem Print ist für die beiden Kanäle unterschiedlich. Bild 3 zeigt dies nochmals ganz deutlich. Kondensator C9 dient zur zusätzlichen Entkopplung der Speiseleitung.

Auch die Montage des Trimmers ist kanalabhängig; für einen der beiden Kanäle wird die auf dem Print angegebene Montagestelle verwendet, beim anderen Kanal ist der Trimmer auf der Kupferseite des Prints zu montieren. Die Fotos machen dies deutlich.

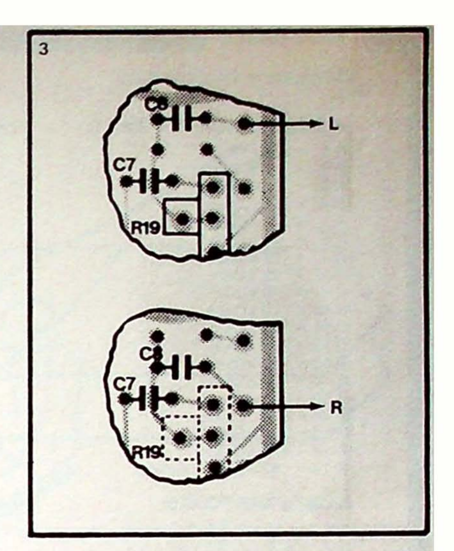
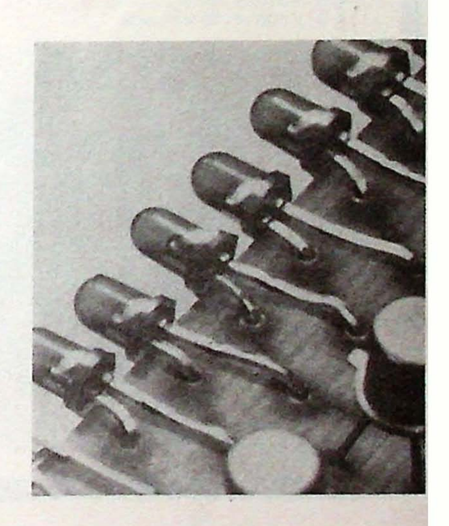


Bild 3. Die Position des Kondensators C8 auf dem Print. Oben: linker Kanal; unten: rechter Kanal.



DER MODUL-AUFBAU

Das VU-Meter kann natürlich auch unabhängig vom P.E.-Modulsystem verwendet werden. Der Print enthält vier Bohrungen an den Ecken, mit denen eine einfache Montage möglich ist.

Bei der üblichen Verwendung innerhalb des

STÜCKLISTE

Bestückung für einen Kanal

WIDERSTÄNDE, 1/4 WATT:

R 1 = 330 Ohm
R 2 = 1,5 kOhm
R 3 = 10 kOhm
R 4 = 10 kOhm
R 5 = 10 kOhm
R 6 = 10 kOhm
R 7 = 10 kOhm
R 8 = 10 kOhm
R 9 = 10 kOhm
R 10 = 10 kOhm
R 11 = 10 kOhm
R 12 = 220 Ohm, 1/2 Watt
R 13 = 10 kOhm
R 14 = 4,7 kOhm
R 15 = 47 kOhm
R 16 = 470 Ohm
R 17 = 470 kOhm
R 18 = 470 kOhm
R 19 = 47 kOhm, Trimmer

KONDENSATOREN:

C 1 = 10 uF, 25 Volt axial
C 2 = 100 uF, 25 Volt axial
C 3 = 470 pF, keramisch
C 4 = 68 pF, keramisch
C 5 = 150 pF, keramisch
C 6 = 47 uF, 25 Volt axial
C 7 = 330 nF, MKM
C 8 = 330 nF, MKM
C 9 = 100 uF, 30 Volt axial

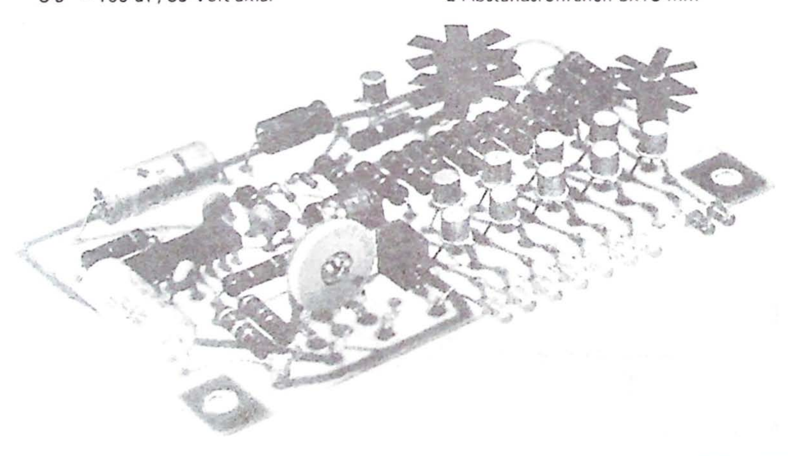
HALBLEITER:

D 1 = 4,7 Volt Zener, 400 mWatt
D 2 = LED 3 mm rot
D 3 = LED 3 mm rot
D 4 = LED 3 mm gelb
D 5 = LED 3 mm grün
D 6 = LED 3 mm grün
D 7 = LED 3 mm grün
D 8 = LED 3 mm grün
D 9 = LED 3 mm grün
D 10 = LED 3 mm grün
D 11 = LED 3 mm grün
D 12 = 1 N 914
D 13 = 1 N 914
T 1 bis T10 = BC 177
T 11 = BC 107
T 12 = 2 N 1613
IC1 = 709

SONSTIGES:

Kühlstern für BC 107
Kühlstern für 2 N 1613

2 Schrauben M3x10
4 Muttern M3
2 Schrauben M3x20
2 Abstandsröhrchen 3x15 mm



4

DIN-BUCHSE

– NETZTEIL +

Bild 4. Verdrahtung des VU-Meters bei getrennter Verwendung.

Modulsystems ist die Montage etwas komplizierter. Da Fotos mehr Aussagekraft haben als seitenlange Beschreibungen, wurde der Baustein von allen Seiten unter fotografisches Feuer genommen.
Die Abstandsröhrchen zwischen den Prints haben eine Länge von 15 mm. Vier Aluminiumwinkel dienen zur Verbindung des Print-Gespanns mit der Frontplatte. Außer den Bohrungen für die LEDs enthält die Frontplatte zwei für die Befestigung des Moduls im Gehäuse, zwei zum Abgleich der Trimmer und vier zum Befestigen der Prints.
Die elektrische Verbindung der Prints bilden vier kurze kräftige Drahtstücke. Auf dem linken Print werden sie an den vorgesehenen Lötinseln angelötet, beim rechten Print an den herausragenden Enden der Lötstifte.

ANSCHLÜSSE

Da das Modul keine "Bearbeitung" des Signals vornimmt, liegt es auch nicht im Signalweg, sondern "hängt sich" an passender Stelle im Übertragungssystem, meist am Ein-



ang des Endverstärkers, parallel zum Endverstärker an die Signalleitung. Hierzu folgt eine ausführliche Beschreibung.
Will man das LED-VU-Meter getrennt benutzen, so führt man die NF-Eingänge auf eine DIN-Normbuchse (Bild 4).

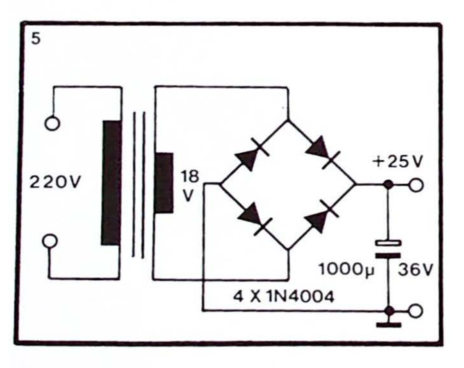
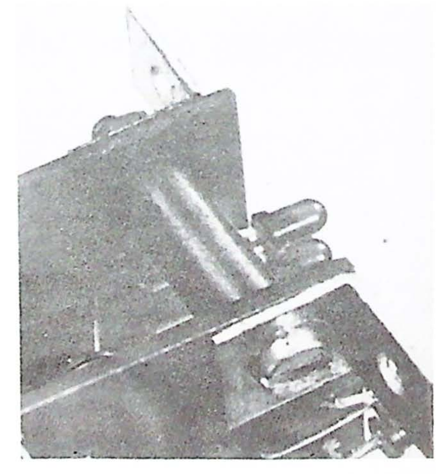


Bild 5. Ein Netzteil ohne Stabilisierung aus einem Netztrafo mit 18 Volt-Sekundärwicklung, einem Brückengleichrichter aus vier Dioden und einem Ladekondensator genügt zur Stromversorgung des Moduls.

Zur Stromversorgung des Moduls genügt ein unstabilisiertes Netzteil nach Bild 5. Ein spezielles Netzteil-Modul, das alle Module mit Ausnahme des Endverstärkers speisen kann, ist in Vorbereitung.
Mit den beiden Trimmern wird das VU-Me-



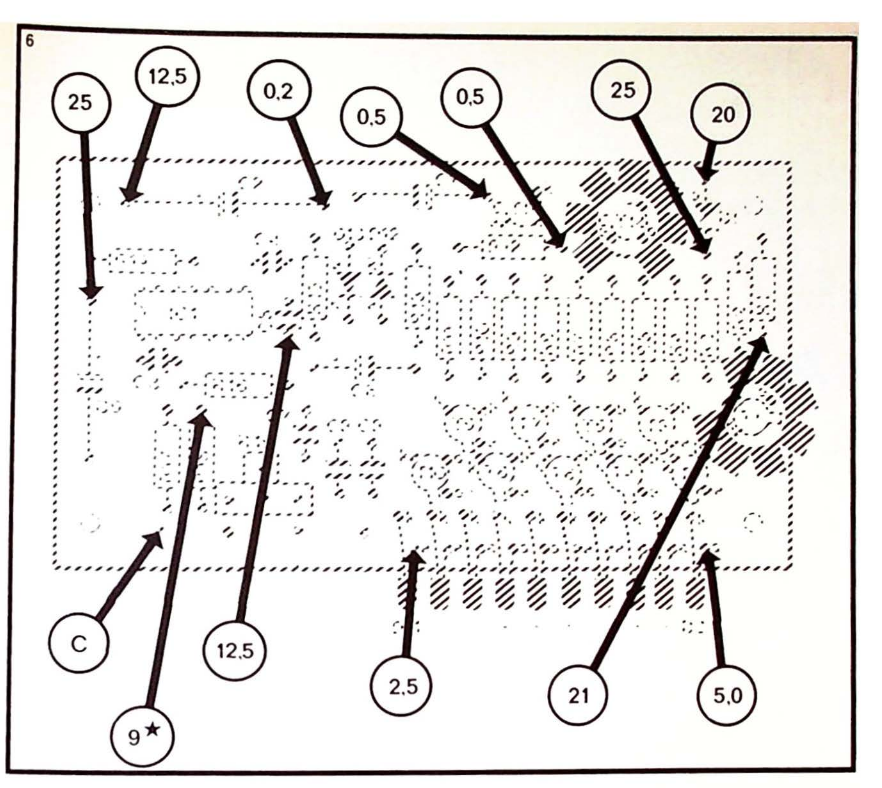


Bild 6. Der Spannungsplan. Alle Spannungen wurden unter folgenden Bedingungen gemessen: Aussteuerung Null, Speisespannung exakt 25 Volt, Vielfachmeßinstrument mit Innenwiderstand 20 Kiloohm/Volt.
(Ausnahme: Der mit Stern gekennzeichnete Wert wurde hochohmig gemessen).

ter auf die Signalquelle eingestellt. Dazu wählt man im Übertragungsweg die Lautstärke bzw. Signalamplitude, die man nicht überschreiten will, weil z.B. der Endverstärker oder der Lautsprecher übersteuert würde, und gleicht dann die Trimmer so ab, daß alle gelben LEDs und die grüne LED leuchten. Tritt danach Übersteuerung auf, so zeigen die roten LEDs diese an.
Bei manchen Geräten kann es durch Streuungen der IC-Daten zu wildem Schwingen kommen. Dies äußert sich durch Leuchten der gesamten Säule, unabhängig von der Aussteuerung. Abhilfe schafft die größere Bemessung des Kondensators C5, z.B. mit 330 pF.

(Verlagsanzeige)

DER ABO- TIP

Aus der Praxis für die Praxis: Irgendwer hat irgendwann eine Idee, wie man als Hobby-Elektroniker mit einem kleinen Trick Arbeit oder Material sparen kann, etwas besser oder schneller machen kann usw.
Meist handelt es sich um Kleinigkeiten, die angeblich "nicht der Rede wert" sind.

P.E. meint: Eine Tipkiste ist eine Trickkiste. P.E. macht die Kiste auf. Und holt in der Tip-Rubrik einen nach dem anderen heraus.

Hier gleich der nächste Tip: P.E.-Abonnent werden! Dann füllt sich Ihre Trickkiste von selbst.

Das P.E.-Abonnement
kann jederzeit beginnen. Schicken Sie die eingeheftete Bestellkarte oder eine Postkarte an

DER PE-Verlag
Postfach 1366
5063 Overath

Sie erhalten dann von uns eine Zahlungsaufforderung.
Das Abonnement 1977 kostet ab Heft 5 DM 10,– incl. Porto und Nebenkosten. Bei der Abo-Bestellung können Sie die bereits erschienenen Hefte 1 bis 4 zu je DM 2,50 nachbestellen (Heft-Nr. angeben).

Inserenten-Verzeichnis

Anzeigenschluß für Heft 4:
25. März 1977

Versandspesen
Nachnahme . . . . DM 4,80
Vorüberweisung/Scheck . . . . DM 2,50
Postscheckkonto Hannover Nr. 1295 22 303

O .K.-SONDERANGEBOT
Hewlett Packard 7730 = DL707 DM 3,75
(8 mm hohe 7-Segment-Led-Anzeige)

NF-Generator Typ BEM 014



Ein NF-Sinus-Rechteckgenerator, der in seinen Eigenschaften viele hochprofessionelle Geräte weit übertrifft.

- 10 Hz-1 MHz
- Sehr hohe Amplitudenstabilität von 0,1 dB (10 Hz-1 MHz)
- Sehr kleiner Klirrfaktor von weniger als 0,1% (100 Hz-10 MHz) bis 0,2% (0-100 Hz)
- Niedrige Ausgangsimpedanz von 60 Ω
- Keine Netzbrummüberlagerung (nicht meßbar)
- Ausgangssignal stufenlos einstellbar
- 3 Vorwahlbereiche (mit Feineinstellung für die Ausgangsspannung: Sinus 0 bis 20 mV, 0-200 mV, 0-2 V (effektiv) Rechteck 20 mV, 200 mV, 2 V (effektiv)
- Für den Abgleich wird lediglich ein Vielfachmeßinstrument benötigt
- Anstiegszeit 30 ns

Kompletter Bausatz nur . . . . . . **DM 398,00**

Analog/Digital-Wandler (Elektor 6/73)
Spannung-Frequenzumsetzer hoher Genauigkeit und Temperaturstabilität, z.B. zum Aufbau eines Digitalmultimeters.
Eingangsmeßspannung
0-3 V (mit Vorwiderstand beliebig erweiterbar)
Umsetzungsfaktor: 1 Volt 10 000 Hz.
Linearitätsfehler: ca. 0,5%
Kompletter Bausatz nur **DM 27,80**

Big Ben 95 (Elektor 43)
Türglocke, die 12 beliebige Töne erzeugt. Kompletter Bausatz (mit Verstärkerendstufe nur **DM 34,80**

Programmierbare Glocke (Elektor 7/8-75)
naturgetreue Big Ben Melodie, acht digital abgeleitete Töne, nur ein Abgleich nötig.
Bausatz **DM 36,90**

Frequency Meter Elektor 9033

Kompletter Bausatz mit Gehäuse (elox., bedruckt und gestanzt) und Frontplatten bestückung nur . . . . . . **DM 284,–**

Technische Daten.
Frequenzbereich: 0-20 MHz (max. 32 MHz), Eingangsimpedanz: 1 M/10 p. Empfindlichkeit: 5 mV, Anzeige sechsstellig (Höhe Ziffern 8,3 mm), drei Torzeiten, Periodenmessung, Level- und Torzeitanzeige (LED's),

Netzzeitbasis, Quarzzeitbasis nachrüstbar.
Nachrüstbausatz 1 MHz-Quarzzeitbasis (mit 13 Ausgängen von 1 Hz bis 1 MHz)
DM 49,80

250 MHz-IC-Vorteiler (mit 95H90, 9582)
Erweitert den Meßbereich auf 250 MHz (max. 320 MHz). Empfindlichkeit: 5 mV bei 1 MHz, 50 mV bei 200 MHz.
Kompletter Bausatz . . . . **DM 76,90**

Auto-Elektronik-Bausätze



Digitaler Drehzahlmesser DAM2 (Elektor 62/66)
Drehzahlmesser für Kraftfahrzeuge, mit kreisförmiger Leuchtdiodenanzeige. 25 LEDs rot und 5 LEDs grün (für günstigsten Drehzahlbereich).
Kompl. Bausatz mit Frontplatte nur
DM 77,20

Schwarzgenarbtes DAM-2-Gehäuse, verstellbar, für Auf- oder Unterbordmontage, entspiegelte Frontscheibe nur . . . . **DM 18,60**

Megaphon (Elektor 69). Ein mobiler Verstärker, der bei 12 V Akkuspannung eine Leistung von ca. 40 W liefert. Der Verstärker verfügt über einen Mikrofoneingang und Tonbandeingang, die Eingänge sind mischbar.
Kompletter Bausatz mit Kühlkörper, Trafo usw. nur . . . . **DM 71,00**

Auto-Service-Meßgerät (Elektor 66). Zum genauen Einstellen bzw. Überprüfen von Schließwinkel und Leerlaufdrehzahl. Ein Meßbereich für Schließwinkel (0-100%), zwei Meßbereiche für Drehzahl, ein Meßbereich für Spannungsmessungen.
Kompletter Bausatz nur . . . . **DM 34,90**

Passendes Drehspul-Einbauinstrument 1 mA
86 x 64 mm nur . . . . **DM 21,90**

Stroboskop (Elektor 66). Die Schaltung dient zur genauen Zündeinstellung von Automotoren, außerdem kann eine 8-W-Neonlampe (nicht im Bausatz enthalten) aus der 12-V-Autobatterie gespeist werden.
Kompletter Bausatz mit Blitzröhre und Übertrager nur . . . . **DM 39,00**



NEU! Autouhr DAQ 4, 24-h-Quarz-Digitaluhr mit 4stelliger LED-Anzeige (8 mm). Sehr hohe Ganggenauigkeit durch Präzisionsquarz. Sekundentaktanzeige. Resettaste für Zeitmessungen. Spannung: 10 bis 15 V. Stromaufnahme **nur 30 mA**.
Kompletter Bausatz nur . . . . . **DM 111,00**



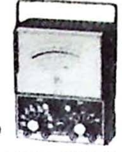
DVM 111
Äußerst preisgünstiges, 3 1/2stell. Digitalvoltmeter hochster Präzision.
2 Grundmeßbereiche:
0,000-200,0 mV und 0,000-2,000 V
Genauigkeit: 0,05% ± 1 Digit.
Eingangswiderstand:
größer 1000 Mega-Ohm (!).
Meßrate: bis zu 12mal/sec.
Automat. Nullabgleich, automat. Polaritätsanzeige, Overrange/Underrange-Output.
Der äußerst nachbausichere Bausatz besteht aus der Basisplatine mit Printtrafo, stab. Netzteil, Analog- und Digitalteil (PMOS-ICs), der Frontplatine mit 4 LED-Anzeigen (FND 500, Ziffernhöhe 12,5 mm) und der Rückwandplatine mit 220-V-Netzanschluß, Meßeingang und freier Bestückungsfläche für beliebige Bauteile (Vorteiler usw.). Ausführliche Bauanleitung mit Schaltbeispielen für Widerstands-, Verhältnis, Frequenz- und AC/DC-Strom- und Spannungmessungen.
Kompletter Bausatz nur . . . . . . .DM 188,00
Pass. Kunststoff-Frontrahmen (schwarz) mit roter Filterscheibe für Frontplatteneinbau (38 x 107 mm) . . . . nur DM 15,90

Alle Bausätze mit gedruckter Bauanleitung, Schaltbild, Bestückungsplan und Stückliste. Nur einwandfreie Bauelemente. Auch für TUP's, TUN's usw. nur Originalhalbleiter, Mit allen erforderlichen Bauelementen sowie Kleinteilen wie Schrauben, Muttern, Distanzrollen, Glimmerscheiben, Isoliernippeln, Lötstützpunkten usw.

R.SCHUSTER-Electronic

4620 Castrop-Rauxel, Ickernerstraße 44, Tel.: 02305/75090

TVM 2000



FET-Voltmeter, sehr preisgünstig, gute technische Ausstattung, für die üblichen Meßbereiche und Gleichströme von 0,15μA bis 500mA Vollausschlag. **DM 178,00**

Z-Dioden 400 mW von 3-75 V DM 0,50
Z-Dioden 1 W von 3-75 V DM 0,80

Fingerkühlkörper

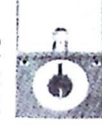


mit Lochung für TO-3-Gehäuse, 25 mm hoch. Maße. 45 x 45 mm. Bestell-Nr. KKL 21 **DM 1,80**

M-312, Miniatur-Drucktaster, 1 polig, Arbeitskontakt -0,5 A/ 250 V, Farben rot, grün, gelb. **DM 0,80**



PT-101



Vielfach-Meßinstrument in Taschenformat für Gleich- und Wechselspannungen, Gleichstrom und Widerstandsmessungen, mit „Aus" Stellung. **DM 19,–**

Widerstände 5% 1/3 W DM 0,10

Comptalux color,
Reflektorlampe, Preßglaskolben, verspiegelt, W, Sokkel E 27, in den Farben Rot, Gelb, Grün, Blau. **DM 12,90**

dazu:
AFS-Strahlerfassung, allseitig schwenkbar, Fassung Alu, Fuß Kunststoff, für Dekken- oder Wandmontage, E 27 . . **DM 12,90**



Brückengleichrichter

B 40 C 3200/2200 . . . . **DM 2,90**
B 40 C 5000/3200 . . . . **DM 4,50**
B 80 C 800 . . . . **DM 1,40**
B 80 C 1000 . . . . **DM 1,80**
B 80 C 1500 . . . . **DM 1,90**
B 80 C 3200/2200 . . . . **DM 3,20**
B 80 C 5000/3200 . . . . **DM 4,80**
B 250 C 800 . . . . **DM 1,50**
B 500 C 1500 . . . . **DM 2,10**

DIAC
D 30 ER 900 . . . . **DM 0,90**

Transistoren
BF 194 . . . . **DM 0,90**
BF 195 . . . . **DM 0,90**
BF 198 . . . . **DM 0,70**
BF 199 . . . . **DM 0,70**
BF 224 . . . . **DM 1,10**

Trimmpotis liegend/stehend 100 Ohm-1 M Ohm offen/gekapselt DM 0,50
Monopoties 100 Ohm - 2,2 M Ohm lin u. log DM 1,50

LO-660



Lichtorgel-Baustein für 3x 220 V/200 W, komplett mit Regler, Eingangsimp. 4-8Ω, 7 x 11 x 2,5 cm. **DM 29,–**

MD-406

Stereo-Kopfhörer mit getrennter Lautstärkeregelung, Spiralanschluß-Schnur, 18-22000 Hz. **DM 28,90**



HS-10
Hornlautsprecher in wetterfester Ausführung, 10 W/8 Ω 15,5 cm Ø Horn, 16 cm Länge. **DM 29,–**

Led 5mm rot,gelb, grün DM 0,60
Led 3mm rot,gelb, grün DM 0,60

DH-218 N/H





Dynamisches Handmikrofon mit Sprechtaste (PTT), 300-5000Hz, 500Ω/ 50kΩ **DM 24,–**

Drehspul-Einbauinstrumente
Klasse 2,5, in rechteckiger Form, Nullpunktkorrektur, für Beleuchtung mit 2x 6-V-Birnchen vorverdrahtet, in 3 Größen (60 x 45 mm, 86 x 64 mm, 110 x 82,5 mm), alle gängigen Werte lieferbar. **ab DM 16,90**

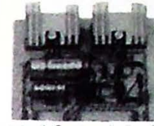


FSI-5
Stehwellenmeßgerät mit getrennten Instrumenten, 3-150 MHz, 52 Ω/2 kW. **DM 58,–**

Dioden AA 112 DM 0,30
Dioden AA 117 DM 0,30
Dioden AA 119 DM 0,30

Spannungsregler
1,5 A, kurzschlußfest, thermisch überlastsicher keine weitere Beschaltung, erhältlich in 5, 6, 8, 12, 15, 18 und 24 V Festspannung. **DM 4,95**

Netzgerät PS-241 f. Reparatur- u. Experimentierzwecke. In 2 Stufen 0-12/ 12-24 V regelbar. Anzeigeinstrument. Daten: Dauerlast 0,8 A (stab. 10 %), Betr.-Spanng. 220 V, M.: 185 x 105 x 62 mm, Gew.: ca. 1,6 kg DM 89,–



OTL-410
Verstärker-Baustein, äußerst preisgünstig, universal verwendbar, 3 W/4 Ω, 40-50000 Hz, 12 V = /30-400 mA, 75 x 65 x 15 mm. . . . . **DM 16,90**

Dioden BAV 17 DM 0,20
Dioden 1 N 4001 DM 0,25

HTM-2



Hochton-LS, 80 W/8 Ω, 7500-30000 Hz, 54 x 87,5 mm. **DM 17,90**

SP-10 W
Universal - Lautsprecher, preisgünstig, 70-10000 Hz, 10 W/8 Ω 11 cm Ø. **DM 17,90**

Tantal Elkos 0,1 μf-47 μf DM 0,50

TTL

SN 7400	0,60		
SN 74 S 00	2,50	SN 7475	1,75
SN 7413	1,45	SN 7490	1,40
SN 7442	2,70	SN 74121	1,40
SN 7447	3,20	SN 74164	4,60
SN 7473	1,25	SN 74196	3,30

CMOS

CD 4000	0,90	CD 4017	5,30
CD 4001	0,90	CD 4027	2,50
CD 4011	0,90	CD 4042	3,50
CD 4016	2,00	CD 4046	6,85

Super-Triacs
10 Ampere, 400 Volt, Gehäuse TO 220
Preis: 1 St. **DM 4,75**
10 St. **DM 39,50**

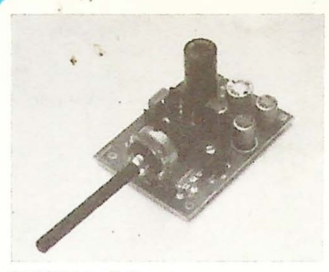
Aktuelle Halbleiter

BC107 . . . . 1 St. **DM 0,55**
BC108 . . . . 1 St. **DM 0,60**
BC237B . . . . 1 St. **DM 0,35**
BC307B . . . . 1 St. **DM 0,45**
BC177B . . . . 1 St. **DM 0,75**
NE555 . . . . 1 St. **DM 2,15**
LM309K . . . . 1 St. **DM 6,35**
UAA 170 . . . . 1 St. **DM 7,95**
UAA 180 . . . . 1 St. **DM 7,95**
1N4148 . . . . 50 St. **DM 4,95**
1N4007 . . . . 10 St. **DM 2,95**
741 dip . . . . 1 St. **DM 1,45**
2N1613 . . . . 1 St. **DM 0,90**

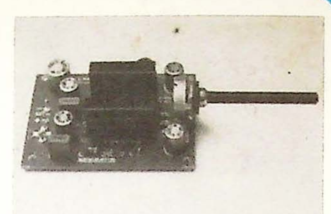
Geschäftszeiten:
Mo-Fr 9.00-13.00 und 14.00-18.30 Uhr
Sa 9.00-14.00 Uhr

Versand per Nachnahme ab DM 30,–. Katalog gegen DM 3,50 in Briefmarken Preise inkl. Mehrwertsteuer-Angebot freibleibend.

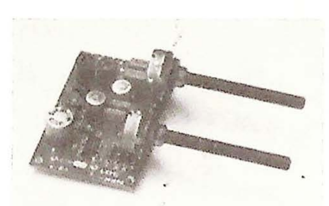
THAT'S US MAN, THAT'S US!



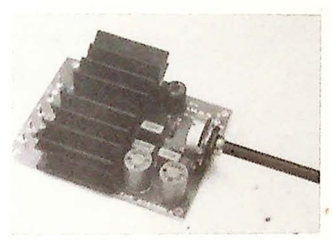
NFV-6416 (ohne Poti)
6 Watt IC Verstärker 8-15V, 0,8A max. 20-20000Hz, Klirr 1% bei 50% Outp. Eing. 150mV-1,5V
Bausatz: 14,80
Baustein: 16,80



NFV-64112 (ohne Poti)
12 Watt Hi-Fi IC Verstärker 8-15V, max. 1,5A. Elkoloser Ausgang, 15Hz-40kHz, Klirr 0,3% bei 70% Output.
Bausatz: 19,80
Baustein: 22,80



NFK-301 (ohne Poti)
Hi-Fi Mono Klangregelteil mit IC 12-80V, 4,5mA (U_{nenn} = 16V) -20dB bei 20Hz (Bassbereich) -16dB bei 20kHz (Höhen) Verstärkung 1 bei St. linear Eing.: 50k, Ausg. 15k.
Bausatz: 12,80
Baustein: 14,80



THE 2020 MK-II
Hi-Fi IC Verstärker 36 Watt 2 x 18V, 1,5A max, 10Hz - 160kHz, -3dB ! ! ! ! !
Klirr unter 0,1% bei 30 Watt
Bausatz: 29,80
Baustein: 34,60

Potentiometer passend zu den Bausätzen:
Mono, 6mm, Printausf. 1,60
Stereo, 6mm, Printausf. 3,90

Allgemeines.
Alle Bausätze komplett mit Epoxy Platine, Bestückungsdruck und ausf. Anleitung. Bauteile nur 1. Wahl, alle arbeitspunktbetsimmenden Widerstände in Metallschicht 1%, TK-50, sonst R 33, 5%. Keine Restposten.
Fordern Sie Gesamtprospekt kostenlos an.
Alle Preise sind unv. empf. Preise incl. MwSt. Lieferung durch den Fachhandel oder durch uns. Händler fordern Angebot an.

Labor für angewandte Elektronik GmbH

ENTWICKLUNG & VERTRIEB ELEKTRONISCHER GERÄTE & BAUGRUPPEN

OBERER GRABEN 47
D 89 AUGSBURG

TF 0821 – 514177
TX 53865